

# データロガーを活用した理科教材開発とマニュアルの作成

尾上 修一<sup>1)</sup>・平山 大輔<sup>2)</sup>・後藤太一郎<sup>2)</sup>

小中学校教育の中で児童生徒の科学的思考力を育成するために、実験や観察から正しく情報収集をし、その結果から考察することができる授業の充実が重要である。このために、理科実験の分野で利用するために開発されたデータロガーと各種センサを用いたパソコン計測実験が欧米では導入されている。多種多様なセンサを用いることで、目に見えない科学情報が自動計測され、リアルタイムにグラフ化されることから、実験結果を正確に捉えることができる。しかしながら、日本ではあまり普及していないのが現状である。本研究では、小中学校における理科実験の中で、データロガーを活用することで現象をとらえやすい実験を抽出し、そのための教材開発と実験マニュアルの作成を行った。そして、授業実践および教員研修を行い、データロガーの効果的な活用を紹介するとともに、三重 CST を中心に三重県におけるデータロガーを用いた実験を推進している。

キーワード：理科教育、データロガー、実験マニュアル、教員研修、三重 CST

## 1. はじめに

ICT 機器やデジタル教材の活用が教育現場で推進されている中で、小中学校では、電子黒板や書画カメラなどの普及が毎年進んでいる<sup>1)</sup>。教員研修によって ICT 機器の活用の仕方について理解が深められ、授業では静止画・動画などのデジタルコンテンツの活用が増加し、デジタル教科書の整備も進んでいる。最近では、フューチャースクール推進事業等によってタブレット型コンピュータの導入も増加している。このようにデジタル環境の整備される中、教科単位で ICT 機器の効果的な活用方法を常に検討する必要があるだろう。

理科教育における ICT 機器には、映像の提示にとどまらず、物理化学的な変化を測定するために活用できるものがある。そのような測定機器として、データロガーが挙げられる。データロガーはセンサで感知した物理量の変化をリアルタイムに数値化・グラフ化し、表示することができる。センサの分解能は非常に高く、肉眼や従来の実験方法では検出できない微弱な変化まで測定することが可能である。また、リアルタイムにグラフ化することで、物理量の変化を可視化できる。現行の中学校学習指導要領解説理科編<sup>2)</sup>でも、各種のセンサを用いた計測および測定値の可視化など、積極的なコンピュータの活用を図ることが示されている。これらの活動を通して、データやグラフから規則性を見出すなど、学習の質の向上が見込まれる。海外では、1990 年代から教育現場にデータロガーが導入され、これを用いた実験などが教科書に掲載されている<sup>3)</sup>。

しかし、日本国内の教育現場では、SSH 指定校や一

部の理工系学部における実験で活用されているものの、導入例は少ない。その理由の一つに、具体的な活用例の報告が少ないことが挙げられる。これまでにも、気圧や温度変化など気象にかかわるデータ測定<sup>4)</sup>や、電流・電圧センサを用いた電流回路への応用<sup>5)</sup>などが報告されているが、実践報告は極めて少ない。また、理科実験機器メーカーのホームページにも、データロガーを活用した実験例が紹介されているが<sup>6)</sup>、学校の予算内で購入が難しい機器であることから、身近なものとして捉えられず、データロガーの認知度は極めて低いのが現状である。

データロガーを用いた測定実験が科学的思考力を高めることから<sup>7)</sup>、私たちは日本でも普及を図る必要があると考え、そのための事例研究を進めてきた<sup>8)</sup>。本報では、データロガーを活用することで正確に科学現象をとらえることのできる実験を小中学校の学習内容から抽出し、実験を行うための教材開発によって作成した実験マニュアルを報告する。

また、三重 CST (ユア・サイエンス・ティーチャー) 養成プログラムの中で紹介し、三重県の小中学校におけるデータロガーの活用を目指した取組も併せて報告する。

## 2. 教材開発

### (1) 実験装置

用いたデータロガーは、米国 Pasco 社が販売している SPARK で、日本国内では株式会社島津理化が代理店として販売している (図 1)。専用ソフト (SPARKvue) をインストールしたパソコンとデータロガーのインターフェイス (PS-2009) を接続し、これに各種実験に必要なセンサを取り付けて用いる。センサの種類は 50 種以上あるが、その中で、小中学校で測定する物理化学変化

1) 三重大学大学院教育学研究科

2) 三重大学教育学部理科教育講座

に関係するものとして、CO<sub>2</sub>センサ (PS-2110)、O<sub>2</sub>センサ (PS-2126 A)、気象センサ (PS-2154 A)、モーションセンサ (PS-2103 A)、マルチ化学センサ (PS-2170)、および電圧／電流センサ (PS-2115) を用いた。マルチ化学センサには、温度センサ、pH センサ、圧力センサが含まれている。

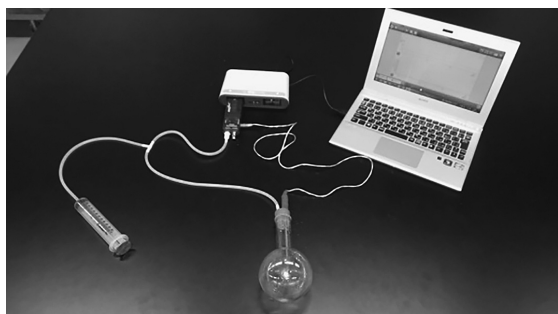


図1. SPARK データロガー、インターフェイスとパソコンを接続し、フラスコにマルチ化学センサを取り付けた様子。

### (2) 実験の抽出

小中学校理科の教科書<sup>9~18)</sup>で扱われている実験の中で、用意したセンサやデータロガーを活用できる内容として、「酸素・二酸化炭素の濃度変化」、「気圧変化」、「湿度変化」、「温度変化」、「電圧・電流量の変化」、「速度・距離の変化」、および「pH の変化」がある。具体的な実験として、以下の12の実験を取り上げた。

- ・植物の光合成における、O<sub>2</sub>およびCO<sub>2</sub>濃度の変化
- ・植物の呼吸における、O<sub>2</sub>およびCO<sub>2</sub>濃度の変化
- ・植物の蒸散のはたらきによる、容器内の湿度変化
- ・中和反応における、溶液中の導電率およびpH の変化
- ・ペットボトルを利用した気圧と気温の変化
- ・雲の発生実験 (気圧と気温の変化)
- ・高度による気圧の変化
- ・加熱・冷却による気温と湿度の変化
- ・気化熱による温度変化
- ・力学台車の運動
- ・コイルを通過する磁石によって発生する誘導電流
- ・携帯カイロによる酸化

### (3) 実験の条件設定

(2) に示した12の実験について、材料と方法を具体的にあげるとともに、条件設定をする必要がある。

実験材料および実験器具については、学校現場で常備しているものや、入手しやすいものとした。

光合成と呼吸、蒸散などの生物実験については、最適な植物について検討した他、標本による差についても調べた<sup>19)</sup>。また、中和反応などの化学実験では、明瞭な結果が得られる水溶液の濃度について調べた。すべての実験において、サンプリングレートやグラフスケールな

ど、変化量を明瞭にグラフ表示するための諸条件の設定を決定した。

## 3. 実験マニュアルの作成

### (1) SPARKvue 簡易マニュアル

データロガーの使用法については、メーカーが作成したものがあがるが、初めてデータロガーを用いる教師にとってもわかりやすいものとなるように、最低限必要な操作についてマニュアルを作成した (図2)。

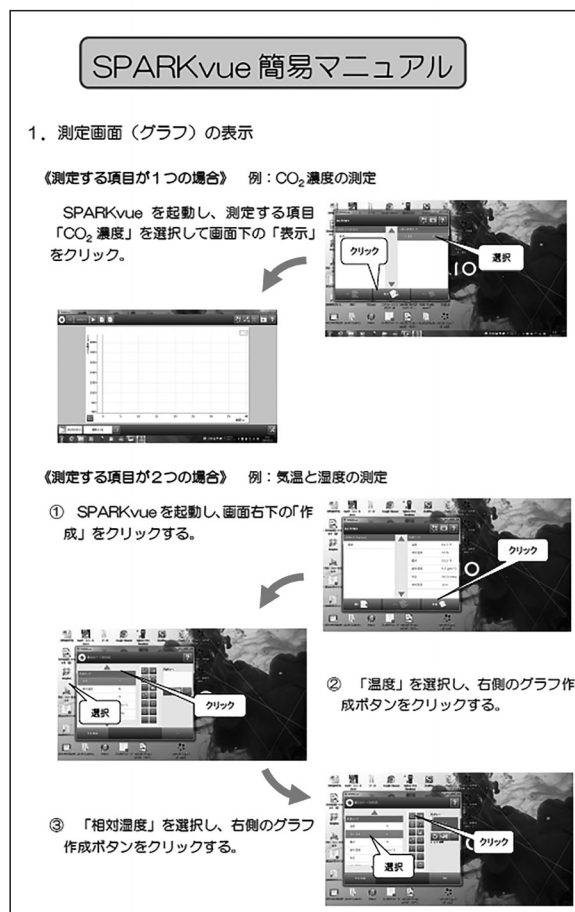


図2. SPARKvue 簡易マニュアルの表紙。

SPARKvue はすべての実験に共通のソフトであり、この操作を身に付けることによって、実験をスムーズに進行し、グラフを効果的に表示することが可能となる。このマニュアルでは、専用ソフトがもつすべての機能を紹介するのではなく、「測定画面の表示方法」、「スケールの調整」、「サンプリングオプション」、「表示単位の変更」、「データの保存」、「画像データの保存」、および「データの消去方法」を記した。これらは、データロガーを活用する上で必要な項目であり、データロガーの効果を引き出すために十分な操作である。

## (2) 各種実験マニュアル

教材開発の項で示した、抽出した各種の実験について、実験マニュアルを作成した(図3)。このマニュアルには次の①～④の項目を設けた。

### ①目的

この実験を通して、どのような教育効果を求めているかを示した。

### ②準備物

データロガーをはじめ、この実験に必要な実験機器および器具、材料を示した。実験器具については、ビーカーやシリンジ、フラスコ等、それぞれの容量も示した。また、水溶液を用いる実験では、効果的な結果を導く上で、その濃度も重要な要因となるため、標準的な濃度も示した。

### ③実験方法

データロガーとセンサの接続方法や、その他の実験機器・器具の配置を写真で示しながら解説した。また、実験ごとに最適なサンプリングレートや時間設定を示した。ただし、SPARKvueの設定方法は最小限にとどめ、簡易マニュアルを参照するようにした。

### ④実験結果

マニュアルに記載した通りに実験を行ったときに得られる結果を例示した。グラフやデータからわかることを記載した他、実験上の注意点をあげた。また、その現象について理解を深める場合、どのように条件を

変えると有効かについても示した。

## (3) マニュアルの公開

本研究で作成した専用ソフト簡易マニュアルおよび各種実験マニュアルは、三重 CST 養成プログラムのホームページ ([http://cst.pj.mie-u.ac.jp/contents/kyouzai\\_list.php](http://cst.pj.mie-u.ac.jp/contents/kyouzai_list.php)) に掲載し、自由にダウンロードできるようにした。ただし、利用にあたっては、データロガーの教育効果を検証するために、授業者と生徒にアンケート調査を依頼する旨を示した。

## 4. データロガーを活用した実験の研修

### (1) 三重 CST 養成プログラム

三重 CST 養成プログラムでは、今後の理科教育にデータロガーを活用した実験は不可欠であるという前提から、受講生全員にデータロガーを貸与している(大学院生の受講生を除く)。そこで、本研究で作成したマニュアルをもとに、CST 養成プログラム受講生を対象とした研修会を実施した。これまでに、平成 25 年度は 6 月と 10 月、平成 26 年度は 4 月と 10 月の計 4 回実施し、現職教員と三重大学大学院生が延べ 50 名受講した。

研修会で紹介した実験は、「植物の光合成・呼吸による  $O_2 \cdot CO_2$  の濃度変化」、「植物の蒸散による湿度変化」、「硫酸と水酸化バリウムの中和反応による導電率と pH の変化」、「高度による気圧変化」、「エタノールを用いた

化学分野

中和反応(導電率と pH の変化)

**(1) 目的**  
中和反応によって、溶液中の導電率と pH が変化することをデータロガーで視覚化し、イオンの増減を理解させる。また導電率のグラフから、中和点で溶液中にイオンが存在する場合と存在しない場合を理解させる。

**(2) 準備物**  
データロガー(インターフェイス、マルチ化学センサ、電圧/電流センサ)、パソコン(SPARKvue インストール済)、ステンレス電極、ワニグリップコード、スターラー、攪拌子、攪拌子取出棒、スタンド、電源装置、ビーカー(200ml、100ml)、シリンジ(25ml)、コック、チップ、スポイト、水酸化バリウム水溶液 100mL(約 0.1mol/L)、硫酸 125mL(0.01mol/L)、フェノールフタレイン  
※硫酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和反応も、同等の濃度で OK

**(3) 実験方法**

- ① 各種センサをインターフェイスに取り付ける。
  - (i) マルチ化学センサに pH 電極を接続する。
  - (ii) 電圧/電流センサにケーブルを装着する。
  - (iii) それぞれのセンサをインターフェイスに取り付ける。
- ② インターフェイスをパソコンに接続する。
- ③ 実験装置を組み立てる。
  - (i) 硫酸の入ったビーカー(200mL 用)をスターラーに乗せ、攪拌子を入れる。また、指示薬(フェノールフタレイン)を数滴加える。
  - (ii) ステンレス電極と pH 電極をセンサ固定シートに取り付け、(i) のビーカーにセットする。
  - (iii) 電圧/電流センサの一端側のケーブルを、ステンレス電極の一方に取り付ける。電圧/電流センサのプラス極側のケーブルは電源装置の+極につなぎ、電源コードでステンレス電極のもう一方と電源装置の一端をつなぐ。
  - (iv) シリンジにコックとチップを取り付け、水を入れて、滴下する量を調整する(4～5 滴/秒)。調整後、水を捨ててスタンドに設置する。



④ 専用ソフト(SPARK vue)を起動し、画面上に電流と pH のグラフが表示できるよう設定する。

⑤ スターラーを 20 の目盛にセットし、電源装置の電圧を 5V にする。SPARK vue の測定開始ボタンをクリックし、電流量を画面に表示。このとき、電流の値の変化が分かりやすいように、パソコンの画面上のスケールを調整する。

⑥ シリンジに水酸化バリウム水溶液を注ぎ、実験開始! 測定中にスケールが変わってしまうことがあるので、その都度調整して変化が見やすくなるようにする。

**(4) 実験結果**

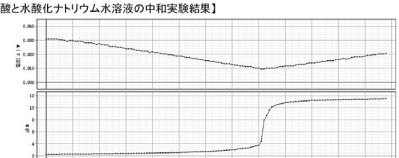
ビュレットを使う従来の中和滴定に比べ、シリンジを使った実験は安全且つ調整が簡単である。実験中はハンドフリーとなるので、グラフ変化に集中することができるが、シリンジ内の溶液が切れないよう、注意が必要である。補充する際も、ビーカーからシリンジへ簡単に注ぐことができ、シリンジの目盛を利用すれば、測定量も測定できる。

データロガーによる測定値は、硫酸と水酸化バリウムの中和実験では、中和点で導電率が 0 になることが確認できる。硫酸と水酸化ナトリウム水溶液では、中和点で導電率は最小となるものの 0 にはならない。この違いを比較し、水溶液中のイオンの状態を考えさせることができる。また、pH は中和点付近で急激に変化することもグラフから確認できる。

**【硫酸と水酸化バリウム水溶液の中和実験結果】**



**【硫酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和実験結果】**



Copyright © 2014 mie-cst All Rights Reserved.

図 3. データロガーを用いた実験マニュアルの一例。中和反応における導電率と pH の変化を調べる実験。

気化熱)、「ペットボトルによる気圧と温度変化」、「携帯用カイロを用いた酸化実験による酸素濃度の変化」とした。受講者にとってデータロガーを使用するのは初めてであるが、SPARKvue の操作にはすぐに慣れ、変化を明瞭に表示することができた。さらに、授業の中でどのように活用すべきか、受講生が意見交換する場面も見られた。

また、平成 25 年 12 月 26 日に三重県教育委員会主催で開催された、三重県内の中学校理科教員を対象とした研修会においても、データロガーを活用した実験を紹介した。ここでは「硫酸と水酸化バリウムの中和反応による導電率と pH の変化」の実験を行い、データロガーを活用することのメリットなどについて講義を行った。受講者は、最新の機器の活用について知ることができたことと評価する一方で、機材の導入に関する問題や、機材を借用する場合の不便さが指摘された。

## (2) 小学校への出前授業

平成 25 年 7 月 2 日に、津市内の小学校で、6 年生を対象に、データロガーを活用した光合成の実験に関する出前授業を行った。通常は気体検知管を用いて数時間かけて調べる実験を、データロガーに O<sub>2</sub> および CO<sub>2</sub> センサを接続することで、10 分ほどで気体の変化を見ることができる。大型モニターに測定結果を示すと、児童は興味深く観察していた。特に、光の照射により光合成をしていた植物が、暗所では呼吸のみを行っていることがグラフで表示されると、児童らは驚きを示すとともに、光合成と呼吸についての理解を深めることができた。また、1 学年に 4 クラスあったことから、各クラスで同様の実験を行ったが、最初の 2 クラスは著者の尾上が行い、他の 2 クラスについては同校の理科担当教員が実施した。機器の取り扱いについて大きな難点はなく、すぐに使いこなせるようになっていった。

## (3) 三重 CST による実践

三重県内では、すでに CST の認定を受けた教員（以下 CST）が 16 名、受講生が 25 名在籍しており（平成 26 年 4 月現在）、データロガーを活用した授業実践が 10 校以上報告されている。CST の指導の下、同僚や近隣の学校に勤務する教員も、データロガーを授業に活用し始めている。少しずつではあるが、データロガーが認知され、その教育的効果を教師自身が実感し始めている。著者の尾上も勤務校（多気郡内の中学校、全校生徒 101 名）でデータロガーを授業で活用し、同僚の教師も活用し始めた。このとき、SPARKvue 簡易マニュアルと実験マニュアルを用いることで、データロガーの取り扱いに関する説明が容易にできることが実感できた。図を多く取り入れたマニュアルは多くの説明を必要とせず、初

めての利用者にも受け入れやすいことがわかった。

また、CST の勤務校を拠点校としたネットワークも整備されてきており、機材の導入が難しいとされる問題も、拠点校からの貸し出しで解決できるようになった。これにより、データロガーを活用した実験が、さらに実践しやすい環境になったといえる。

## 5. まとめ

近年、小中学校に配布される教材カタログにもデータロガーが大きく掲載され、教材会社主催の研修等も行われている<sup>20)</sup>。また、首都圏の学習塾では、小学生を対象としてデータロガーを活用した理科実験を取り入れ<sup>21)</sup>、科学的な問題解決能力の育成に力を入れてきている。データロガーの教育的効果は十分期待できるもので、その必要性が高いことも認められつつある。

最近、私たちは小学校 6 年生の授業で光合成と呼吸のはたらきについてデータロガーを用いた実践から、児童が理解を深めるとともに現象について関心をもつことを報告した<sup>22)</sup>。授業を実施した教員からは、「子どもたちがグラフの変化を非常に興味深く観察しており、今まで以上に関心が高まっている」、「授業後に実施したテスト結果から、学力が定着したことを実感した」、「従来の実験では結果を確認するだけだったが、リアルタイムに変化する様子から、目の前の植物が生きていることや、植物としてはたらきをしていることを感じさせることができた」、「短時間で結果が現れることから、従来の実験との併用や授業構成のバリエーションが広がった」という感想が得られた。児童の反応をみることで、データロガーの教育的効果を知ることができる。

現状では、日本の小中学校でデータロガーを使用することは極めて少ない。理科授業の新しい展開を進める上で、データロガーの活用は必須と考えており、CST 養成プログラムの中で取り入れてきた。これにより、三重県における CST 受講者はもちろん、研修会を通じて、データロガーの認知度をあげて、活用を推進している。少しでも多くの教員がデータロガーの有用性を感じ、誰でも簡単に扱え、それによって児童・生徒の科学的思考力が向上することを目指している。シンガポール、オーストラリア、アイルランドなどでは、各学校にデータロガーの導入を進めたが、実際に使用する教員は少ないといった問題を生じ、研修の必要性が報告されている<sup>23) 24) 25)</sup>。教育現場からの要求によって、教育機材は導入されるべきであり、データロガーについても、まず、活用できる体制の整備から着手することが重要である。

文部科学省は、教育の情報化ビジョン（2011）<sup>26)</sup>の中で、情報活用能力の育成の重要性を示している。与えられた情報やデータから、様々な規則性や課題などを読み

取る力を育成するには、日常の学習の中でその場面を多く設定する必要がある。データロガーは、目に見えない科学情報を視覚化する重要な実験機器であり、今後の理科教育には不可欠な機器の一つであるといえる。

三重 CST 養成プログラムを通じて、CST 認定者が研修会や授業実践でその教育効果を示すことで、少しずつではあるが、認知度も高まってきていると感じている。現在は、三重県内を中心とした広がりを目指しているが、その成果を全国へ発信して広げることが課題であると考えている。

## 参考文献

- 1) 文部科学省：平成 25 年度 学校における教育の情報化の実態に関する調査結果（概要）、Retrieved from [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/\\_icsFiles/afieldfile/2014/09/25/1350411\\_01.pdf](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/_icsFiles/afieldfile/2014/09/25/1350411_01.pdf)、(2014)
- 2) 文部科学省：『中学校学習指導要領解説 理科編』、(2008)
- 3) Greenwood, T., Shepherd, L., Allan, R.: Senior Biology 1 Student Workbook 2008, BIOZONE International, (2007)
- 4) 神奈川県教育研究所：ネットワークを利用した気象情報の活用、Retrieved from <http://www.edu-ctr.pref.kanagawa.jp/kyouka/tigaku/net13/net13.htm>、(2001)
- 5) 大阪教育大学：理科実験に iPad を活用する iTester プロジェクト、Retrieved from <http://cse.osaka-kyoiku.ac.jp/project/itester.html>、(2011)
- 6) 株式会社島津理化：教育支援 おすすめ実験例、Retrieved from <http://www.shimadzu-rika.co.jp/kyoiku/experiment/index.html>
- 7) 高橋和光・大原ひろみ：センサとコンピュータを利用した中学校理科の授業、物理教育第 53 巻第 2 号、(2005)
- 8) 平山大輔・森川英美・後藤太一郎：光合成の授業における ICT の活用とその有効性 一小学校理科 6 年小単元「生物と空気のかかわり」に注目して一、理科教育学研究、(2014)
- 9) 有馬朗人ら：たのしい理科、大日本図書、(2011 a)
- 10) 日高敏隆ら：みんなと学ぶ 小学校理科、学校図書、(2011)
- 11) 毛利衛・黒田玲子ら：新しい理科、東京書籍、(2011)
- 12) 大隅良典・石浦章一・鎌田正裕ら：わくわく理科、啓林館、(2011)
- 13) 養老孟司・角屋重樹ら：地球となかよし 小学理科、教育出版、(2011)
- 14) 有馬朗人ら：理科の世界、大日本図書、(2011 b)
- 15) 細矢治夫・養老孟司・下野洋・福岡敏行ら：自然の探究 中学校理科、教育出版、(2012)
- 16) 岡村定矩・藤嶋昭ら：新しい科学、東京書籍、(2012)
- 17) 霜田光一ら：中学校科学、学校図書、(2012)
- 18) 塚田捷・山極隆・森一夫・大矢禎一ら：未来へひろがるサイエンス、啓林館、(2012)
- 19) 平山大輔・尾上修一・後藤太一郎：植物の蒸散におけるデータロガーの活用、三重大学教育学部附属教育実践総合センター紀要、(2014)
- 20) 株式会社ナリカ：教員のための理科総合サイト、Retrieved from <http://www.rika.com/archives/5491>、(2014)
- 21) トゥルースアカデミー：リトル・ダヴィンチ理数教室、Retrieved from <http://truth-academy.co.jp/2014/05/1414/>、(2014)
- 22) 前掲書 8)
- 23) Choo, S.W., D.K.C.Tan, J.D. Hedbert, and K.T. Seng (2005) Use of dataloggers in science learning in Singapore schools. Proceedings of the 13 th International Conference on Computers in Education, ICCE 2005. pp.1-9.
- 24) Silburn, K.R. (2008) Teaching secondary science with data loggers: the NSW experience. Doctor Thesis, Universty of Wollongong, 273 pp.
- 25) Kennedy, D. and S. Finn (2000) The use of dataloggin in teaching physics and chemistry in second-level schools in Ireland. Rep.National Center for Technology in Education. 55 pp.
- 26) 文部科学省：教育の情報化ビジョン ～21 世紀にふさわしい学びと学校の創造を目指して～、Retrieved from [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/23/04/1305484.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/23/04/1305484.htm)、(2011)