

タブレット端末で動作する デジタル学習パズル教材の開発

清水健太郎^{†1} 清水英典^{†2} 堀田龍也^{†3}

本研究では、小学校での学習活動に活用することで、児童の学習効果を高めることを目指した、パズル形式の学習用アプリケーションを開発していく。急速に普及するタブレット端末を対象としており、本研究で開発している「デジタル学習パズル」は、iPad や iPhone 等、Apple 社の iOS 上で動作するネイティブアプリケーションとして開発を行なっている。

本論文では、教材設計、アプリケーションの仕様等を確定し、今後「デジタル学習パズルシリーズ」として、様々な学習用教材をリリースしていく為の基礎固めとして、第一弾アプリケーションの開発とともに執筆する。

1. 背景

昨今、教育支援用途として情報端末や電子黒板等の活用が進んできている。教育の現場に、このような情報機器を導入することで、児童・生徒の理解力向上や創造力育成効果が期待されており、コンピュータを利用したデジタル教材の開発、実践も行われている。文献 [1]は、小学校算数科の計算力向上を目的に学習ソフトウェアを開発し、実験群、統制群での事前・事後テストを行ったところ、有意差が認められたと報告している。本教材を利用した学習者への意識調査の結果から、学習意欲の向上と持続を促すことも分かっている。

また、文献 [2]では、文部科学省と経済産業省共管の、財団法人コンピュータ教育開発センター支援により、株式会社富士通研究所が五種類のタブレット PC を利用した手書き電子教材を開発し、兵庫県の小学校で実証実験を行い、現場教師や教育専門家の評価を受けている。

尚、近年では 2010 年にアップル社が開発・販売した iPad が新たな市場を広げたことを発端に、タブレット端末の普及が急速に進んでいる。2012 年 10 月には、タブレット端末がデスクトップ PC の販売台数を超える程の普及を見せており、タブレット端末「iPad」を教育現場に取り入れる学校も多く出てきた。iPad (及び iPod touch/iPhone) は、従来のキーボードやマウス等の入力装置を必要とせず、画面をタップすることで直接端末に命令を出せるシステムが採用されており、端末の操作が容易である。その為、コンピュータ操作に慣れていない児童でも、直感的に端末を操作することが可能であると想定される。学習する為、端末の操作方法を学習するという手間がなく、タブレット端末とアプリケーションのみで利用することが出来るのが大きな特徴の一つである。

この操作性に優れたタブレット端末を、学校教育や家庭学習等で活用することの出来る有用なコンテンツが、今後は様々な企業等から開発、提供されていくものと考えられる。

2. 目的

本研究では、学校教育の教材として活用することができるよう、タブレット端末で動作するデジタル学習パズル教材として開発していく。最初に、小学校四年生の学習内容である日本地図に絞り、各都道府県の位置関係等が学習できるアプリケーションを開発する。本論文では、このようなアプリケーション開発の考え方およびシステム設計について述べる。

3. 「デジタル学習パズル」の定義

3.1 「パズル」の定義

一般的にパズルとは、あらかじめ出された問題を、論理的な考察と試行錯誤によって解くことを目的とした、ゲームやクイズにも似た娯楽の一種である。本研究では、文章や図形を用いたり、実際にその状況を作り出して出題し、学習者の論理的な思考をもって唯一解が出せるものをパズルとして定義する。

3.2 「学習パズル」の定義

本研究では、論理的な思考で唯一解を導き出すことができ、かつ娯楽という特性を持ち合わせたパズルを、学習用に利用した教材のことを、学習パズルと定義している。漢字パズル、算数パズル、地図型の迷路、クロスワードパズルなど、非常に多数の教材が、冊子や遊具等の形態で販売されている。いずれの教材も、学習パズルに関する明確な定義は記載されていないが、本研究ではパズルの特性を生かした学習用教材全般を、学習パズルとして定義する。

3.3 「デジタル学習パズル」の定義

学習パズル教材をデジタル機器で扱えるように開発し、学

†1 シャフト株式会社 (SHAFT Inc.)

†2 玉川大学教育学部 (Faculty of Education, TAMAGAWA University)

†3 玉川大学教職大学院 (Graduate School of Teacher Profession, TAMAGAWA University)

校教育や家庭学習等で活用し、学習効果を高めることができるアプリケーションを、ここでは「デジタル学習パズル」として定義する。デジタル機器というとデスクトップPCやガラパゴス携帯等、非常に広範が対象となるが、本研究では、普及の進んでいるタブレット端末を対象としたアプリケーションに焦点を絞って開発を行う。

4. 教材の設計

パズルは娯楽としての要素も持っているため、児童が楽しみながら繰り返し学習を行いやすく、反復作業により知識が定着しやすいことも想定している。また、デジタル教材の教育現場への活用は、学習者のモチベーション維持や、児童・生徒の興味関心の喚起につながるが、文献 [1] から分かっている。

本教材「デジタル学習パズル」という教育用アプリケーションでは、この「パズル」と「デジタル」を融合させている点が、最も大きな特徴である。この特徴を活かすため、以下に掲載する三点の概念から外れることがないよう、教材設計の柱としている。

また、本論文では一つの学習内容に限定したアプリケーション開発を行なっているが、本研究で得られた結果を元に、今後はシリーズ作品として複数作品のリリースを計画している。上記概念はシリーズ作品すべてに共通させ、可能な限りインターフェース等もシリーズで共通化させ、同シリーズの利用者が学習内容以外で戸惑うことがないような配慮が必要と考えている。

4. 1 シンプルなインターフェース

本教材の主対象は小学校で学習する児童としているため、全てのインターフェースを可能な限りシンプルに構成することが必要と考えている。簡易的な画面構成ということではなく、余計な情報を排除し、必要不可欠な情報のみで構成するように心がけている。開発段階ではあるが、現時点でのトップ画面が、図1である。



図1 デジタル学習パズル アプリケーションのトップ画面 (開発中)

イラスト等を多数使用した、華やかな子供向けアプリケーションも多数販売されているが、本アプリケーションは学校教育で活用することを想定した、学習用の教材である。その為、イラスト等は用いず、使用する色も三色程度に限定することで、児童が学習内容に集中できるものと想定し、設計している。

4. 2 タブレット端末の特徴を生かした、直感的なアプリケーション操作の実現

タブレット端末が登場するまでは、デジタル教材を扱える主力端末は、文献 [3] のように Windows や Mac 等の OS で動作するノートパソコン等であった。キーボード、マウス、スキャナ等、複数の入力端末を備え、これらを交互に駆使しながらコンピュータに指示を与えていくことで処理を進めることができる。マウス操作では、アプリケーションを起動し、プルダウンメニューやアプリケーション内部のメニューを選択。さらに情報の入力や、コンピュータへの命令をショートカットキーで指示するキーボード等を活用することで、全体的な操作を行なっていくこととなる。コンピュータ操作に日常的に慣れている者であれば問題はないが、普段コンピュータに接する機会が少ない者にとっては、コンピュータスキルとしての敷居があり、それが苦手意識にも繋がっていることと想定される。

これに対しタブレット端末は、基本的には筐体一つでハー

ドウェアが完結し、指一本、もしくは複数本の指のジェスチャーのみで全ての処理を行なっていくことが可能である。傾き検出機能や、カメラ機能、マイク機能を用いた情報入力も可能ではあるが、いずれにせよ筐体は一つで、操作は極めて単純である。

このタブレット端末で動作するアプリケーションであり、何よりも児童・生徒を主対象とした教材である為、操作の簡易性は必要不可欠と考えている。一般的に、アプリケーションの機能数増加は、メニューや選択ステップ数の増加に比例してしまうため、本教材では、これを出来るだけ排除するように努めている。例えばメインメニューは「チャレンジ」と「ヘルプ」のみの二つしか用意していない(図1)。現在は開発段階であるが、さらに「ヘルプ」すら不要ではないかと検討中である。メニューが少なければ、ユーザが困惑する可能性が減少し、より学習内容に集中することができる。また、タイマー機能や不正回数カウント機能を実装しているが、本機能はON/OFF切り替えを排除し、強制的にバックグラウンドで動作する仕様としている。さらに本アプリは、全操作を指一本の「タップ」のみで行うことが出来るように設計している。フリック、ピンチ、二本指操作、マイク機能等を導入することもできるが、ユーザが一瞬でも迷うようなことがあれば、それは本来の学習内容から逸脱した思考となってしまう。

上述のように、アプリケーションを利用する上で、ユーザが学習内容以外で困惑することが皆無となるよう、直感的に操作が行える設計を行なっている。

4.3 グループ学習で利用可能な設計

本教材は小学校で学習する児童を対象としているため、個別学習のみならず、グループ活動として利用することができ、かつ問題点をグループディスカッションし、能動的に考察することができるよう、アプリケーション設計をしている。タブレット端末は現在普及が始まったばかりであり、全児童が一人一台のタブレットを教室で利用出来る環境というのは、考えづらい。クラスに数台のタブレット端末が用意され、クラスを複数のグループに分け、グループに一台の端末で作業に当たるといのが、現時点で可能な利用状況であると考えている。この現実的な物理的制約から考えても、グループ利用ができるアプリケーション設計は必要な要素であると判断した。

まず、マイクによる音声入力機能は除外した。特定のタイミングで音を発し、タブレット端末に命令を送る仕様は技術的には問題がない。但し、小学校で学習する児童が、教室内で一切の音を立てず、タブレット端末に命令を送る時だけ音を発する、という状況は極めて難しいであろう。何より、音を発せないという環境そのものが、グループディスカッションという概念から外れてしまうため、マイク機能は本教材からは除外した。

また、グループ活動といっても利用する人数の特定はできない。ある特定された人数での利用であれば、また設計思想も変わってくるが、二名で利用することもあれば、十名で一

台の端末を利用する状況も考えられる。そこで、タップによるタブレット端末の操作自体は、代表者となる一人がグループの意見をまとめ、一人のみで操作が完結する仕様とした。そして、グループの中でも少し離れた位置からタブレット端末を閲覧する児童がいることも想定し、各ボタンや図形等を出来るだけ大きく表示し、ある程度遠方からでも視認しやすいデザイン設計が必要と判断している。

何よりも重要なのは、チャレンジ終了後、ディスカッションにより振り返りが行えることであると考えている。一つのチャレンジ終了後、すぐにアプリケーションのトップへ遷移してしまうのではなく、回答に要した時間、不正回数等を確認しながら児童が話し合えるよう、チャレンジ終了後の専用画面を設けることとしている。本画面は、ユーザの意図的な操作がない限り、自動遷移はしない仕様としている。

4.4 本論文で扱う学習内容

以上の内容が、デジタル学習パズルシリーズ全体で共通する仕様となる。本論文では、先行アプリケーションが既に存在すること、必ず学習する内容であることから、小学校四年生で学習する「日本地図」を、シリーズ第一弾のアプリケーションとして扱うこととした。

5. 開発

5.1 対象端末

対象端末に関してだが、操作時の反応速度によるストレス軽減や、動作端末の絞込みという観点から、iPad/iPhone(iPod touch)を対象とする、iOS向けネイティブアプリとして開発を行っている。Google社のAndroid端末の普及率も非常に高くなってきているが、各メーカーによってハードウェアやインターフェースが異なる等の理由から、本教材の対象端末はiOSとしている。

5.2 開発環境

開発は、2012年よりiPad/iPhone(iPod touch)向けの無料・有料アプリケーションを多数リリースしているシャフト株式会社(<http://www.schaft-japan.com>)が担当している。同社は「こどもパズル」等のアプリケーションが、AppStore教育無料カテゴリで一位を取るなど、教育カテゴリでの実績が既に複数あるため、このノウハウをデジタル学習パズルにも応用することができると考えたためである。

また、本論文では一つの学習目標を達成することが出来る内容に限定しているが、今後同様の理念を持って複数のアプリケーション開発を行い、学校教育、家庭教育での補助教材として活用できることを目標としている。そのため、二作目以降の開発時間を少しでも軽減することができるよう、開発ツールにはNEXTBOOK社が無償公開しているNextscript2.0を利用している。

(http://www2.nxtbk.com/nextscript_support/2.0/)

同ツールは JSON (JavaScript Object Notation) という、JavaScript から派生したデータ記述形式でファイルを作成していくことで、最終的に iOS で動作するアプリケーションを構築することが出来るものである。開発した json ファイル内のロジックを別アプリケーションでも再利用しやすいという特徴がある。Nextscript は、NEXTBOOK 株式会社の公式サイト上で、Android や HTML5 への変換コンバーター開発も検討していると記載されている。コンバーターが実装された際には、iOS に限定せず、様々な環境で動作可能なアプリケーションとして公開が検討できる点も、本ツールを選定した理由の一つである。

5.3 メニュー項目の実装

本論文で開発する、日本地図学習用アプリケーションとして必要な機能の選定を行った。主な点を列挙すると、以下に挙げた項目となる。

- ・ 各都道府県を地方別に理解できる
- ・ 日本地図上で指摘された特定の都道府県名を回答できる
- ・ 各都道府県の近隣の位置関係を理解できる問題の出題順と解答欄をランダムに設定
- ・ 不正回数のカウント機能とタイマー機能を付与し、学習者に達成感を与える

これらのうち、各都道府県を地方別に理解させるためには、出題方式も地方別という選択肢が必要となる。そのため、チャレンジメニューをタップしあたと、学習したい内容に合わせて選択可能なメニュー項目の実装を行った (表 1) (図 2)。

表 1 チャレンジメニュー一覧

ランダム	ランダムで 10 問選出
全都道府県	47 都道府県
東北地方	青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県
関東地方	茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県
中部地方	新潟県、富山県、石川県、福井県、山梨県、長野県、岐阜県、静岡県、愛知県
近畿地方	三重県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県
中国地方	鳥取県、島根県、岡山県、広島県、山口県
四国地方	徳島県、香川県、愛媛県、高知県
九州地方	福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県

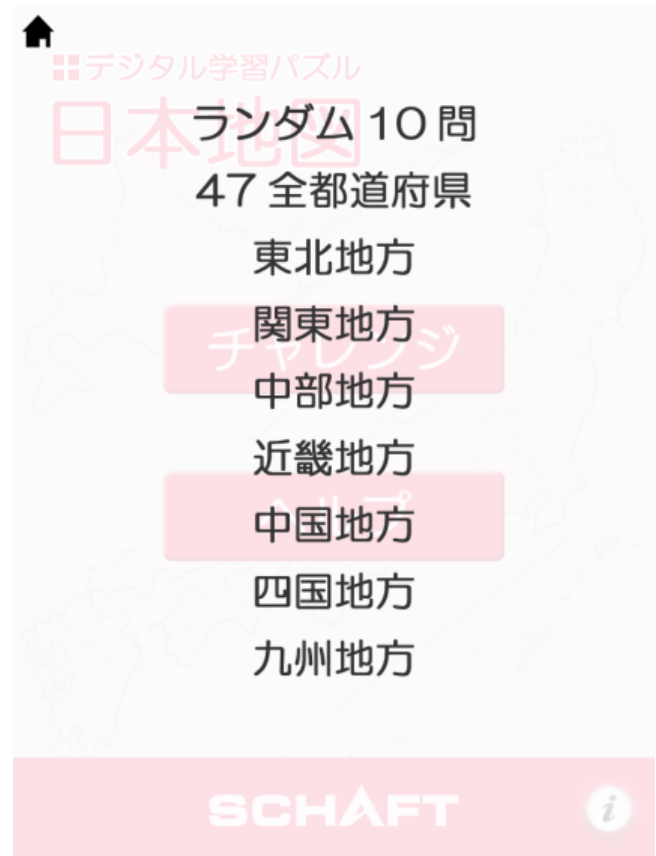


図 2 出題を地方別等、ユーザが選択可能 (開発中)

メニューの中から、例えば「関東地方」を選択した場合には、茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県という七都県全てが、出題対象となる。地方別に理解させるだけでなく、日本地図全体の位置関係を把握することもできるよう、全都道府県を対象としたり、ランダムに出出した 10 都道府県だけを出題するメニューも実装している。

5.4 ランダム出題

メニュー選択後、本教材のチャレンジが開始される。出題方式に関してだが、メニューごとに出題順が決まっていると、繰り返し学習を行なっている間に、次の出題内容と回答まで予測がつかってしまう可能性が考えられる。そのため、選んだメニュー全てにおいて、ランダムに出題させるプログラムを組んでいる。

また、解答欄は四択として画面下部に表示されている。解答欄に全都道府県名を表示させることも可能ではあるが、ユーザの認知負荷が高すぎることに、先述のグループ活動における視認しやすさの観点から、四択を採用した。この四択の解答表示位置も、毎回ランダムに変更させている (図 3)。



図3 都道府県の形状から、四択で考察（開発中）

本教材は「パズル」を一つのテーマとしてはいるものの、既にリリースされている別アプリケーションのように、都道府県の形状を白地図に当てはめていくスタイルは取っていない。このアプリケーション形態だと、学習教材ではなくゲームとしての特徴が強くなってしまったため、本教材では、都道府県の形状から都道府県名を考察できるように構築している。

そして、都道府県の形状が単独で示されるわけではなく、日本地図全体の中から点滅で問題が提示されるため、現在考察している地域が、日本地図のどの位置にあるかも把握することが出来るようになっている。

5.5 正誤判定とタイマー機能

本教材ではチャレンジ開始後、自動的にタイマーが作動するようにプログラムを組んである。タイマーは常に画面の右上部分に表示されており、問題ページが次々と遷移していく際には、合計時間が計上されていく設計となっている。タイマーが停止するのは、強制的にトップ画面へ戻るか、チャレンジを全て終えたクリア画面へ遷移した時のみで、チャレンジ中は常にタイマープログラムを作動させている。

さらにタイマーの左側には、正答数と誤答数の表示欄を設置している。こちらもタイマーと同じく、解答欄をタップするごとに計上され、最終的にクリア画面に達した際、誤答数の確認を行うことが出来る設計としている。

5.6 問題ページの遷移

出題された問題に正当すると、大きな丸が表示されたあと、すぐに次の問題へと遷移する（図4）。



図4 正解時は、自動的に次の問題へ遷移（開発中）

さらに正答した都道府県を常にアプリケーションに記憶させておき、出題が被るのを防ぐだけではなく、正当地域は色を変えて、回答済み地域であることが明確になるようなプログラムを行なっている。このため、問題を重ねるごとに白地図がどんどん埋まっていき、ジグソーパズルを連想するようなアプリケーションとして構築してある。

本機能は、回答者側にとって、次々と埋まっていく白地図を見ることで達成感を与える効果を狙っているだけではなく、一旦回答した地域が一目瞭然となるため、都道府県ごとの位置関係を学習する効果が期待できるものと想定している。

5.7 クリア後画面の実装

挑戦するコースにより問題数は異なるが、該当する地域すべての問題に正答すると、クリア画面に遷移する（図5）。



図5 全問クリア後の確認画面（開発中）

この際、解答地域と地方の位置関係を改めて確認することができるよう、色分けは維持したままクリア画面が表示される。また、解答に要した時間と、誤答数も継続的にカウントをしているため、最終的に自分の力量、学習効果、他者（他グループ）との比較を行うことが可能である。

クリア画面に入るとタイマーが自動的に停止し、全問クリアを連想させる効果音が鳴る以外は、全ての動作が停止する。あえて、トップ画面への自動遷移機能は省き、ここで振り返りを行い、苦手な地域の確認等をゆっくり行えるように配慮している。トップ画面へは、常時左上に表示されているホームボタンをタップすることで、いつでも遷移することが可能である。

4. 今後の課題

本論文は、開発前段階にまとめた仕様設計までの開発を行い、経過報告と現状の問題点を浮き彫りにするために執筆を行った。

まだAppStore からリリースしてはいないが、上述の通り開発当初で予定していた基本動作部分の実装は全て完了した。但し、この状態からさらに学習効果を高め、さらにアプリケーションの完成度を高めるため、以下の修正が必要ではないかと検討をしている。

- ・各コースにチャレンジしたあと、振り返り学習ができるよ

う、間違った都道府県名が表示され、苦手な箇所の復習ができるようにする

- ・既存メニューを進めているいずれかの段階、もしくは別メニューにて、県庁所在地についてもパズル形式の学習が行えるようにする
- ・アプリケーション全体の反応速度を高めるため、プログラムの軽量化を図る
- ・プログラムの軽量化に加え、ユーザのタップ操作にアクティブに反応する仕掛けを追加し、リアルタイムな反応を増やすことで、ユーザの不快感を限りなく排除する

上記はすべて開発側で検討している内容であり、優先順位を決めてリリースまでに可能な限り改善していきたいと考えている。

また、近日中に実際の小学校の授業で、本アプリケーションを活用して頂くことも検討している。iPadを複数台導入している小学校で、特定のクラスを複数グループに分けて利用して頂き、学習効果の検証結果から本教材を修正する。この作業をもって、学校や各家庭向けに、より学習効果の高いアプリケーションを提供できるように調整していく予定である。

参考文献

- 1) 栃木公平、川島芳昭、石川賢：計算力の向上を目的としたパズル型学習ソフトウェアの開発と評価：10のまとまりに着目した基本計算のトレーニング、宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要、30号、pp. 57-66
- 2) 梶本佳照、尾崎さとみ、藤本辰男、原克彦、伊藤剛和、野村裕之、宮前義彦、五十嵐圭子、東條隆、岩山尚美、田村弘昭、石垣一司：タブレット PC を活用した手書き電子教材の実践検証、情報処理学会シンポジウム論文集、5号、pp. 31-32(2004)
- 3) 松永信介、稲葉竹俊、坂本友里：シミュレーション型ゲーム教材をグループ学習に活用することの効果、一般社団法人情報処理学会全国大会講演論文集、第71回、“4-369”-“4-370”(2009)
- 4) 安藤茜、杉江舞華、三國遥奈、山口仁美、佐佐健太郎：パズルを題材とした授業の提案、岐阜数学教育研究、Vol. 9、pp. 84-93(2010)
- 5) 丹山洪二、北本卓也：パズルを用いた数学教材について、教育実践総合センター研究紀要、26号、pp. 55-68(2009)
- 6) 伊禮三之：共通教育科目「数学的活動」における「ペグ・ソリティア」の実践—新学習指導要領の『数学活用』に向けたパズル・ゲームの教材開発—、福井大学教育実践研究、第35号、pp. 57-66(2010)
- 7) 渋谷宗、中野良樹：数理パズル「タングラム」の洞察的問題解決における解決可能性への主観的評価と潜在的評価、秋田大学教育文化学部研究紀要、65号、pp. 47-56(2010)
- 8) 井庭崇、赤石真依、野田尚子、斎藤卓也：体験学習ゲームのパターン分析、情報処理学会研究報告、29号、pp. 85-88(2006)
- 9) 梅村友規、中馬悟朗：パズルを取り入れた数学教育実践の一考察、日本教育情報学会年会論文集、16号、pp. 86-87(2000)

- 10) 小池守、小宮山眞平：ジグソーパズルを用いた定着教材、社団法人日本化学会化学と教育、3号、pp. 171(1997)
- 11) 難波悟志、石渡哲哉：綿棒を使ったパズルゲームの教材開発とその実践、岐阜数学教育研究、2号、pp. 173-179(2003)