

# コンピュータ言語Squeak

親 松 和 浩

## 1. まえおき

2002年5月、「未来への教室」(NHK教育テレビ)という番組の中でアラン・ケイ(Alan Curtis Kay)がUCLA(University of California at Los Angeles)の付属小学校の児童にコンピュータの授業を行っていた。この中で彼は、パーソナルコンピュータの構想と発明の歴史、そしてその未来について子供達に分かりやすく説いていた。この番組を見た後、1982年に横浜高島屋のイベントで世界初のパーソナルコンピュータであるXerox社のAlto(アルト)を見た時のことを思い出した。

コンピュータが電子計算機と呼ばれ動作の安定のために冷房の効いた計算機室に鎮座していたころ、アラン・ケイはメディアとしてのパーソナルコンピュータの理想像を描いていた。彼は、“知性の増幅器としてのパーソナルコンピュータ”の概念Dynabook(ダイナブック)を提示し、そのプロトタイプとしてAltoをいち早く作り上げ、“パーソナルコンピュータ”の父(の一人)と呼ばれている。さらにその後の発展にも彼は影響を与え続け、現在もSqueak(スクイーäk)というコンピュータソフトウェアの開発や教育の分野で大きな貢献をしている。

パーソナルコンピュータが誕生してから約30年経ち、情報技術に関して様々な立場から千差万別の活発な議論が行われている。しかし、パーソナルコンピュータが1995年以降のわずか6～7年の間に爆発的に普及したため、ややもするとその急激な変化に眼を奪われがちである。本稿では、アラン・ケイを軸にしてパーソナルコンピュータの誕生から現在までを系統的に振り返り、その将来を議論するための一助としたい。

## 2. コンピュータ言語Squeak

上述の番組で紹介された頃からSqueakというコンピュータ言語が急速に注目を集めるようになった。Squeakとはハツカネズミのチュウチュウという鳴声のことで、ロゴにもネズミが使われている(図1)。利用者にとっては1つのアプリケーションプログラムとして動作し、仮想機械(VM: Virtual Machine)という方法を使うことによって、コンピュータの機種やOSによらず同一の操作環境を実現する。

Squeakは、Morphicというユーザーインターフェイスを使って、子供でも簡単にプログラミングができるように開発されている。例えば、マウスで車の絵を描いてそれを動かすには以下のような手順を踏む。

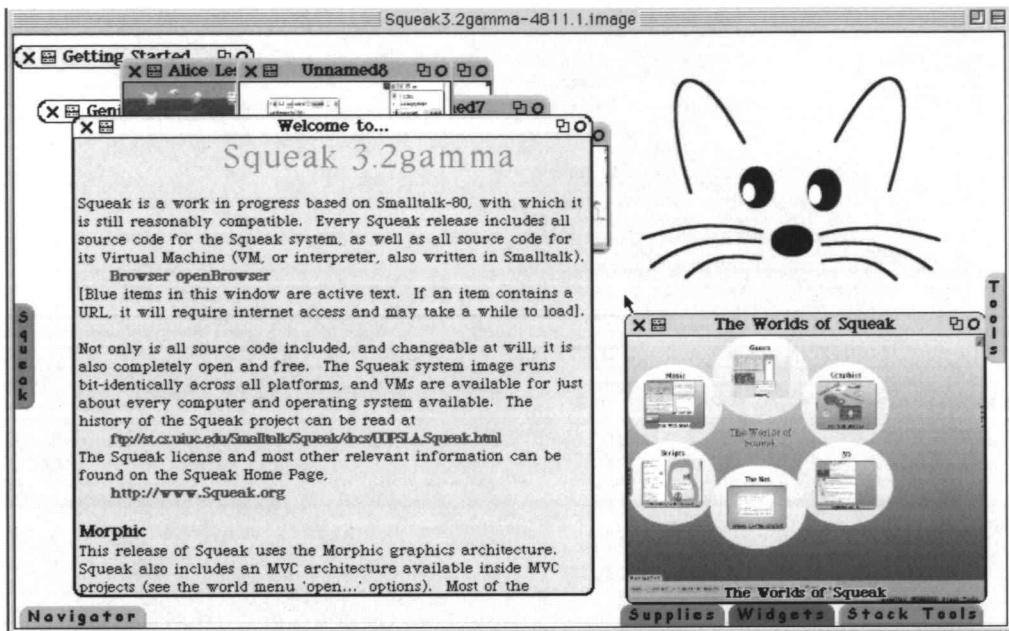


図1. Squeakのオープニング画面

### 1. ペイントツールで車の絵を描く (図2)

Squeakでは利用者が描いた絵もシステム状態を表示するウィンドウもすべてオブジェクトと呼ばれ、利用者が操作できる。呼び出す際の便利のため、この車の絵に“car”という名前をつける。

### 2. オブジェクトは性質をもつ (図3)

図3の右側には、車の絵のオブジェクト“car”の性質が表示されている。このオブジェクトは、“前進する(forward)”や“回転する(turn)”といった性質をもつ。オブジェクトにメッセージを送るとオブジェクトの持つ性質に応じた処理が行われる。

### 3. タイルを並べる感覚でプログラムを作る (図4)

オブジェクトにメッセージを送るという操作を、タイルを並べるようにして記述することができる。例えば、図4の中央上部のウィンドウに示すように“前進する(forward)”と“回転する(turn)”を並べてプログラム(スクリプト)を作ることができる。これを呼び出すと車の絵が円周上を走る。

アラン・ケイの理想は、コンピュータの専門家のためでなく、子供と子供の心をもった全ての人のためのパーソナルコンピュータ(Personal computer for children of all ages)を開発することにある。ここでいう“パーソナルコンピュータ”とは、知性の増幅器、アイデア・プロセッサといったものであり、ビジネス計算や数値計算を単に高速処理するだけの計算機のことではない。子供が使えることを開発目標にしたのは、字義通り子供が使えることだけでなく、子供が大人よりも要求が高くつまらないと感じたら見向きもしないからである。

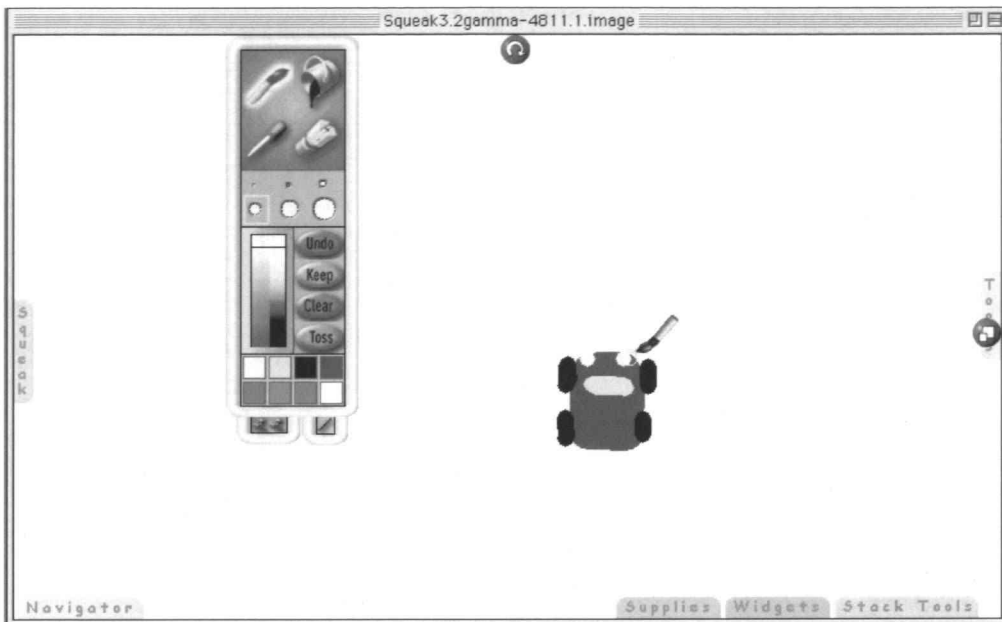


図 2. ペイントツールで車の絵を描く（オブジェクトの作成）

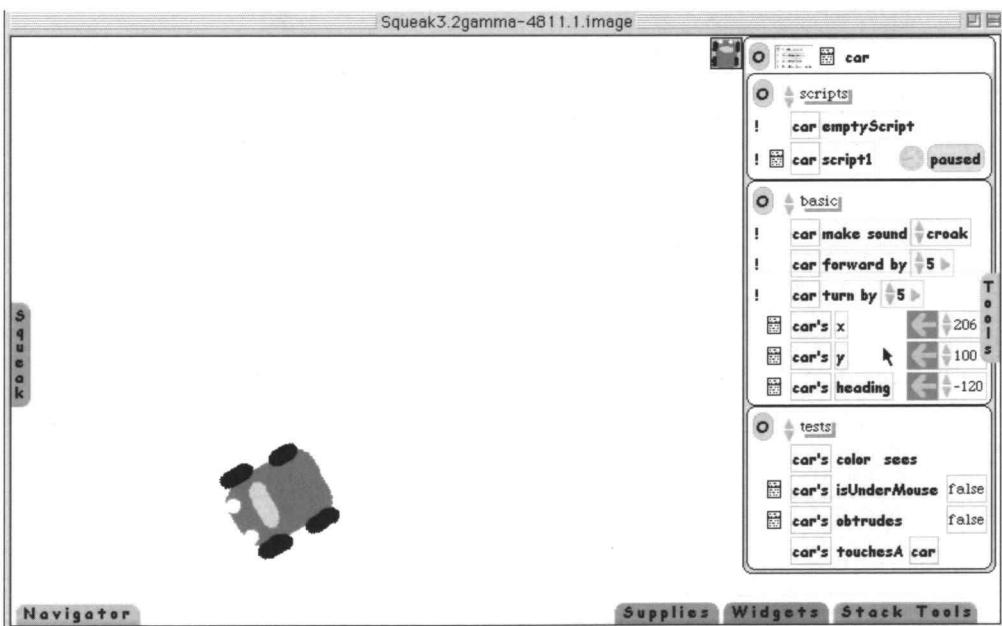


図 3. オブジェクトにはいろいろな性質がある

Squeakが一般に紹介されるようになってからまだそれほど月日は経っていない。著者の知る限りSqueakに関する最初の書籍（英文）[1-3]の出版は2002年である。本稿執筆時に日本語の書籍はまだはなく、雑誌でまとめた紹介がされてからまだ1年も経っていない[4]。

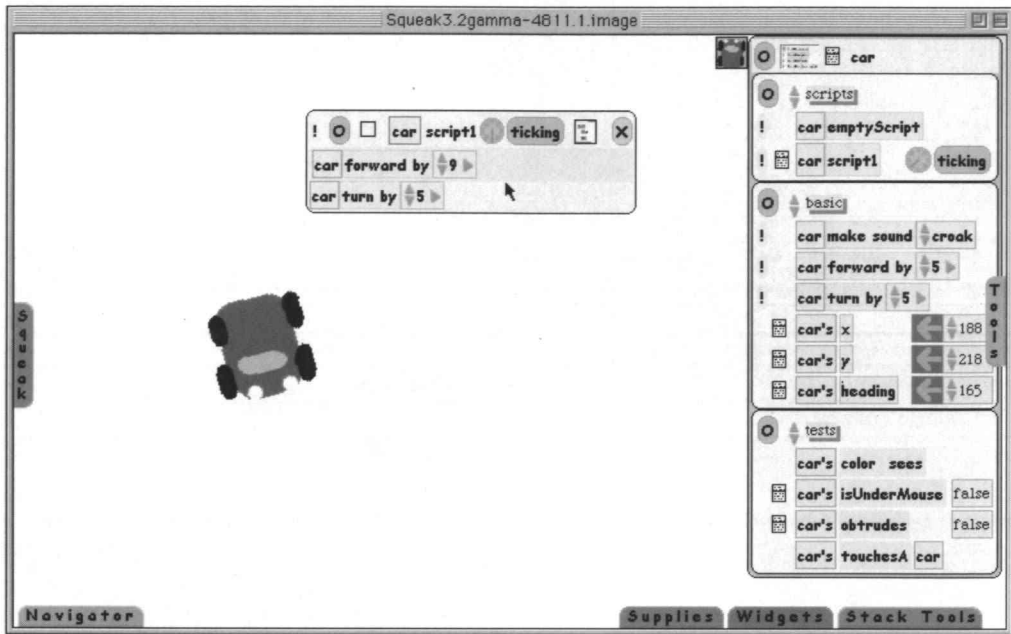


図4. “前進 (forward)”と“回転 (turn)”のタイルを並べてできた円周上を動くプログラム (スクリプト)

### 3. アラン・ケイのDynabook (ダイナブック) 構想

Squeakプロジェクトの原点となるのがDynabook (ダイナブック) 構想である。これに関連した主要な論文[5-8]は1970年代後半から1980年代に書かれたものであるが、現在でも通用するその指摘の的確さに驚く。文献[9]にはこれらの論文が収録され研究の経緯についても詳しくのべられているが、本稿ではその概略のみを紹介する。

アラン・ケイが1969年にユタ大学に提出した学位論文“Reactive Engine”は、専門家以外の人にも使えるパーソナルコンピューティングを目指すものであった。この研究で製作したデスクトップコンピュータFLEX (この別名が“Reactive Engine”)には当時の最新機能が数多く盛り込まれていた。そのなかには我々が現在当たり前に使っている“ビットマップディスプレイ、マルチウィンドウ、アイコン”等が含まれている。だが、このコンピュータは大学院生には好評だったものの、非専門家である医者や法律家には気に入ってもらえなかった。

では、どうしたらよいか? この時期に彼は理想のコンピュータがあるべき姿を検討し、それをDynabookと名付け、ボール紙でその模型を作っている。概念を絵や模型などの具体的な形で提示することは、彼の得意とするところである。Dynabookが目指すところは数値計算機としての能力ではない。文章の執筆、絵画を描くこと、音楽の演奏といった個人の知的活動、芸術活動を支援することがDynabookの目的である。マルチメディアをユーザーが、自由な発想でダイナミックに操作できる、これがDynabookに求められる条件であるとした。

アラン・ケイは1971年Xerox社のパロアルト研究所(PARC)のシステム科学研究室に入り学

習研究グループを作り、ここで理想の実現に向けた精力的な活動を展開する。1973年暫定版 Dynabookの試作機を製作、Altoと名付ける。Altoは、A4版1ページ分のビットマップディスプレイを装備し、マウスを利用したグラフィカルユーザーインターフェース(GUI: Graphical User Interface)をもったデスクトップコンピュータである。その外観からも操作性からも、AltoはGUIを持った最初のパーソナルコンピュータと呼ぶにふさわしいものである。

Altoは1970年代終わりまでに約1500台製作された。しかし、Alto自身は商品化されなかった。最初に商品化された(GUIをもつ)パーソナルコンピュータは1983年のApple社のLisaである。これは、1979年のXerox見学でAltoに感銘を受けたスティーブ・ジョブズが作り上げたものである。なお、Lisaの廉価版として1984年に発売されたのがMacintoshであり、現在までそのラインアップが続いている。また、1995年以降爆発的に普及したMicrosoft社のWindowsもまたAltoのGUIの子孫と言える。結局、現在の全てのパーソナルコンピュータが、Altoで実現されたGUIを採用している。

Altoは、今日のパーソナルコンピュータ通信の端緒を開くものでもあった。会社内／家庭内のネットワークに欠かせない“イーサネット(Ethernet)”はAltoプロジェクトの一貫として開発されたものである。また、余談になるがWWW(World Wide Web)システムは1990年にティム・バーナー・リーが発明したものだが、この開発にはAlto/Macintoshの系列に連なるNeXT社のワークステーションが使われた。NeXT社はスティーブ・ジョブズがAppleと袂を分かって設立したもので、そのワークステーションは当時高い評価を受けていた。Altoは陰に陽に今日のネットワーク環境に影響を与えているのである。

ところで、1989年に東芝がDynabookという商品名で世界初のノート型パーソナルコンピュータを発売した。この命名は本稿で議論しているアラン・ケイのDynabook構想を意識したものであるが、全く別のものである。

## 4. コンピュータ言語 Squeak の開発

Altoの誕生から20年経った1995年、ハードウェアは格段に進歩していた。しかし、Dynabookの理想の実現にはソフトウェアの更なる進歩が不可欠であることが明らかであった。この時たまたまApple社には、アラン・ケイをはじめXeroxでAltoを開発した主要な研究者達がそろっていた。理想の実現を目指した第2幕となるコンピュータ言語／環境Squeakの開発は彼等によって始められた[2, 3]。

### 4. 1 SqueakはSmalltalkが発展した言語

Squeakの開発はゼロから始められた訳ではない。AltoのソフトウェアであるSmalltalkを改良することによって始められた。XeroxはAlto自身を商品化することはなかったが、Smalltalkの生産性の高さに着目して、Smalltalk-80(1980年版と言う意味)を商品化した。Squeakの元となったのは、Apple版のSmalltalk-80である。Smalltalk-80をルーツとするソフトには

他にCincom社のVisual Worksがある。

Smalltalkは論理構造が厳密で記述性の高いオブジェクト指向形の言語である。オブジェクト指向プログラミングでは、手続きの流れではなく、データや処理手順そのもの同士の関係を記述する。ある機能を実行するために必要なデータや処理手順を一つにまとめたものをオブジェクトと呼ぶ。2節の車の例で述べたように、オブジェクトにメッセージが送られると処理が実行される。オブジェクト指向プログラミングは、現実世界のモデル化としても優れている。複雑な事象を直感的に理解しやすく記述することが可能なため、ソフトウェアの再利用、保守、点検を容易にし、高い生産性を期待できる。そのため、JavaやC++といったオブジェクト指向形言語が今日の主要なプログラミング言語になっているのである。

Smalltalkは仮想機械(VM: Virtual Machine)上で動作するソフトウェアである。仮想機械とは現実のコンピュータ内にソフトウェアによって作られた仮想的なコンピュータである。SmalltalkはVM上で動作するため、コンピュータの機種やOSに関わらず、同じプログラムコードによって同じ機能や動作を実現できる。利用者にとっては表示や動作が機種やOSによらず全く同じになるため、SmalltalkはOS機能を包含した環境を提供するものといえることができる。機種/OSの依存性はVMのみに限られる。蛇足だが、JavaもVM上で動作する言語である。

#### 4. 2 オープンソースによる開発

さて、Squeakの開発目標は、コンピュータ言語/環境としてのSmalltalkの完成度の高め、多種多様な機能を生徒でも簡単に利用できるようにすることである。そのためは、コンピュータの機種やOSに可能な限り依存させないことが利用者と開発者の両方にとって重要であり、この開発の特徴となっている。開発は1995年にわずか数名のメンバーで始まった。その後、マンパワー不足を補い、効率良くプロジェクトを遂行するために、オープンソースという枠組み[10,11]で精力的な開発が続けられている。

オープンソースでは、プログラムコードをインターネット上で公開し無料で配付する。

こうして、世界各国の研究者と共同で、バグフィックス(誤りの修正)、コードの改良、デザインの変更などを行っていく[3]。

この手法はLinuxというワークステーション向けのOSの開発に使われたことで有名である。他にもApacheというWWWサーバーのソフトウェアやPythonというコンピュータ言語の開発等にも広く使われている。さらには、米国の暗号システム標準の決定にまで採用されている[11]。オープンソースとは現在幅広く使われている優れた開発手法なのである。

Apple版Smalltalk-80を元に、オープンソースの枠組みにのせるため、アラン・ケイは巧妙な方法を考えた。そのエッセンスはSmalltalkシステムを一貫してSmalltalk(自分自身)で記述してしまうことにある。VM(仮想機械)にはどうしても機種(OS)に依存する部分が残るが、これはC言語で記述せざるを得ない。そこで、

##### 1. VMをSmalltalkで記述する。

2. SmalltalkのプログラムをC言語のプログラムに変換するSmalltalkのプログラムを作成する。

どんな機種(OS)でもC言語を利用できるので、変換されたC言語のプログラムからVMを作成することができる。このようにして、C言語のコンパイラを介すものの、実質的に全てをSmalltalk自身で記述した、新しいSmalltalkシステム、Squeakが誕生した。

この卓抜した手法とSmalltalkの記述性の高さのおかげで、わずか1年間で1996年にSqueakの最初のリリースが成し遂げられた。

#### 4. 3 NPO の設立

アラン・ケイは、1996年ウォルトディズニー(Walt Disney Imagineering)に移りSqueakの開発を続けることになった。しかし、娯楽企業では教育に関しては思うに任せないこともあり、5年後にビューポイントリサーチというNPO (Non-Profit Organization)を設立して本プロジェクトを推進している。NPOは多数の会社や団体からの出資を得られる点でも有利だという[12]。

#### 4. 4 Squeakの公式ホームページ

Squeakの開発は現在も続いている。開発者向けのホームページ

<http://www.squeak.org/>

にはSqueakに関する技術情報がまとめられている(図5)。開発の中心メンバーの写真もこのサイトで公開されている。オープンソースでの開発のため、必要な情報は全てオンラインで、インターネットを利用して入手可能になっている。また、メーリングリストを利用した



With the Squeak programming system, we have made some delightful and powerful educational applets. If you are a student, parent, or teacher, please jump over to SqueakLand.org, and download some great educational projects.

Squeak is an open, highly-portable Smalltalk-80 implementation whose virtual machine is written entirely in Smalltalk, making it easy to debug, analyze, and change. The image above was created in Squeak, and illustrates several of Squeak's abilities, including the ability to scale and rotate bitmap images at any colour depth, anti-aliased TrueType fonts and vector graphics. Squeak has many more features...

Squeak comes under an open source license, meaning that you can download and use it for free. What are you waiting for?

図5. 開発者向けSqueakホームページ(<http://www.squeak.org/>)

議論も活発に行われており、時々アラン・ケイ自身のメッセージを見することもできる。

一般の利用者向けには、別のホームページ

<http://www.SqueakLand.org/>

から最新版のSqueakを無料でダウンロードできる(図6)。このサイトはSqueakを利用した教育を目的としたもので、アラン・ケイが書いたSqueakの紹介文や多くのチュートリアルを閲覧することができる。

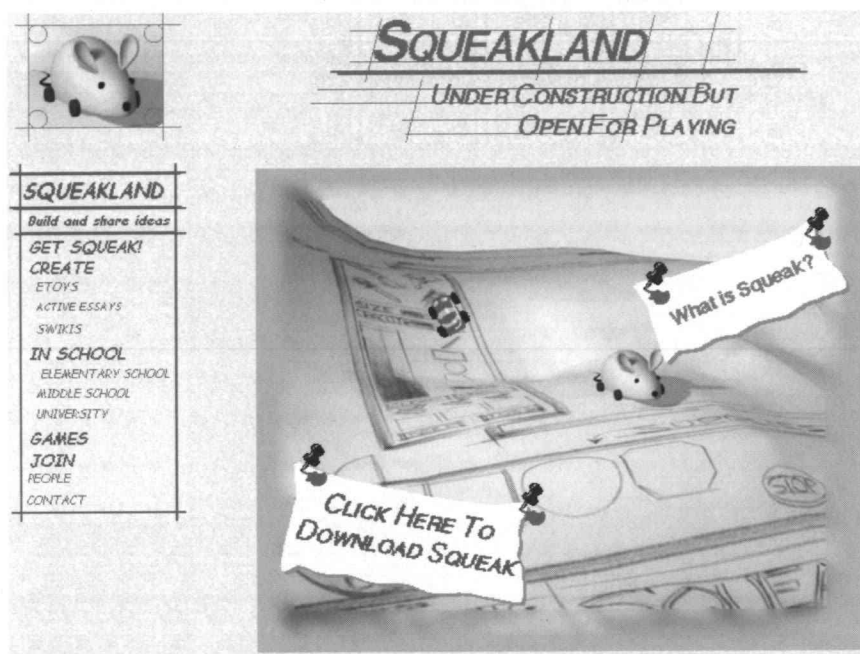


図6. 一般向けSqueakホームページ(<http://www.SqueakLand.org/>)

## 5. メディアとしてのパーソナルコンピュータ

Squeakプロジェクトでは、音楽、グラフィックス、アニメーションといったマルチメディアの応用を目指した開発が進められている。そもそもDynabook構想は、メディアとしてのパーソナルコンピュータの実現を目指すものであった。まだ試作機のAltoしかなかった1977年の彼の論文“パーソナル・ダイナミック・メディア”[5,9]には、既に明確にメディアとしての特質が論じられている。少し長くなるが、以下に引用する。

あらゆるメッセージはなんらかの意味で、何かの概念のシミュレーションである。これは具象的にも抽象的にもなりうる。メディアの本質は、メッセージの納め方、変形方法、見方に大きく左右される。デジタルコンピュータは本来、算術計算を目的として設計されたが、記述可能なモデルなら、どんなものでも精密にシミュレートする能力を持っているので、メッセージの見方と収め方さえ満足なものなら、メディアとしてのコンピュータは、他のいかなるメディアにもなりうる。しかも、この新たな“メタメディア”は能



動的なので（問い合わせや実験に応答する）、メッセージは学習者を双方向的な会話に引き込む。過去においては、これは教師というメディア以外では不可能なことだった。

## 6. リテラシー教育の必要性

パーソナルコンピュータを人間の知的活動を最大限に支援するメディアにするためには、利用者が単に使えるだけでなく、“上手に”使えることが本質的に必要である。この意味で利用者に対するリテラシー教育が優れたソフトウェアの開発と相補的になる。

この点に関しては彼の1984年の論文“コンピュータソフトウェア”[7,9]の結びの параグラフが分かりやすい。少々長くなるが引用する。

コンピュータ・リテラシーというのは、コンピュータでの読み書きに相当する能力を流暢なものにし、そして楽しいものにできるほど、十分に深くコンピュータと接することをいう。あらゆる芸術と同様、「素材との恋愛」は十分に深めなくてはいけない。芸術や学問の生涯にわたる修得が、個人や社会の成長のスプリングボードになると考えるなら、コンピュータをわれわれの生活の一部にするために、相応の努力が必要である。

最初のパーソナルコンピュータLisaが発売された1984年に書かれたこの文章は約20年経った現在でもそのまま通用する。ソフトウェア開発とリテラシー教育に関してはまだまだ満足できるレベルに達していないといえる。

アラン・ケイのグループは過去30年間小中学生に対するリテラシー教育に精力的に取り組んできた。コンピュータ言語Squeakを用いた教育の実践はまだ2年ほどに過ぎないが、科学や数学の授業を中心として着実な成果を挙げつつあり、地理や歴史等の科目での利用も試みられている。

## 7. むすび

アラン・ケイが目指すパーソナルコンピュータとは、知性の増幅器であり、問い合わせや実験に速やかに応答するメディアである。基本的なソフトウェアを全て装備し、利用者はそれらを適宜組み合わせ問題解決のためにプログラミングを行う。その実現に必要なのが、ソフトウェアの開発とリテラシー教育であり、彼の30年来のプロジェクトの目標となっている。

Squeakは、このプロジェクトで開発されているコンピュータ言語である。Squeakはコンピュータの機種やOSによらず同一の操作性を提供するという意味で“環境”ということもできる。この言語／環境は、子供でも使えることを目標としてオープンソースという手法で開発が続けられ常に進化している。特にネットワークに関しては豊富な機能が提供されている。例えば、ネットワークを介して表示画面を共有する機能は、チームでの共同作業やグループ学習の効率化に絶大な効果を発揮する。表示の日本語化も進められている。ただし、商用のソフトウェアと異なり、常に開発途上であり、ある程度の不安定さを覚悟する必要がある。

この開発は一定の成果を挙げ、現在はSqueakを利用して子供達にリテラシー教育を実践する段階に入っている。教育プロジェクトはNPOを設立して推進されているが、その試みは日本でも始まっている。京都市は、11月にプロジェクトメンバーを米国から招き小学生を対象とした1日ワークショップを2校の市立小学校で開催した。その報告によると、米国での開催と同様な成果を挙げ、今後京都市では、実験的にはあるがSqueakを利用したリテラシー教育を継続していくことになっている。

Squeakプロジェクトは、少なくとも現状では、通常行われているコンピュータ・リテラシー教育に置き替わるものではない。現在行われているのは、市場シェアを独占しているMicrosoft社の「文書作成、表計算、プレゼンテーション、データベース作成」のソフトウェアの使用法の習得であるといってもよい。一方Squeakは、音楽、グラフィックス、動画といったマルチメディアを自由に書き込んだり読み出したりできる白紙のノートのようなものである。目標は創造的活動を支援することにある。したがって、Squeakプロジェクトは文書処理や表計算等の定型処理の教育とは別のものであり、むしろ別次元でのリテラシー教育を目指していると考えられるべきであろう。

ところで、Squeakプログラミングでのオブジェクト指向という概念は私を含め大人には慣れるまでに時間を要する。しかし、子供達にとっては苦にはならないようである。2002年度のオープンキャンパスで高校生に紹介したり、ゼミの3年生に実習を行った経験では、学生達は通常の言語よりも親しみを感じたようであった。

教育利用において魅力的なのは、Squeakがかなり豊富な基本機能を機種やOSによらずに無料で提供しているという点である。価格の問題を別としても、商用のビジネスソフトは必要以上に複雑であり、その代償として操作が煩雑になり、起動や応答も遅い。Squeakでは、基本機能だけを提供し必要に応じてプログラミングすることによって、応答の速い小回りの効くシステムを実現する。どんな機能を如何に使い勝手の良い形で提供するかというデザインがSqueak開発の課題である。

単発のワークショップだけでなく、授業でSqueakを利用していくためには、Squeak言語自身の習得のためのカリキュラムが必要になる。米国での1つの実践例では、週に1.5時間をSqueakの授業に当てているそうである[12]。もちろん、教科教育での活用も追求すべきである。ただし、全てをコンピュータだけで済ませようというカリキュラム開発をすべきではなく、現実世界での実験や野外活動を積極的行うことが重要となろう。

## 参考文献

- [1] Gene Korieneck, Tom Wrensch, Doug Dechow, "Squeak - A Quick Trip to Object Land," Addison-Wesley, 2002.
- [2] Mark Guzdial, Kim Rose, "Squeak, Open Personal Computing and Multimedia," Prentice Hall, 2002.
- [3] Mark Guzdial, "Squeak, Object-Oriented Design with Multimedia Applications," Prentice Hall, 2002.
- [4] 平井夏児, "Squeakの全貌に迫る", MacFan, 2002年1月1日号.
- [5] Alan Kay, Adele Goldberg, "Personal Dynamic Media," IEEE Computer, March 1977, pp. 31-41.
- [6] Alan Kay, "Microelectronics and the Personal Computer, " Scientific American, September 1977, pp.231-244.
- [7] Alan Kay, "Computer Software," Scientific American, September 1984, pp.41-47.
- [8] Alan Kay, "Learning vs. Teaching with Educational Technology," EDUCOM Bulletin, Fall/Winter 1983, pp.16-20.
- [9] Alan Curtis Kay著, 鶴岡雄二監訳, 浜野保樹監修, "アラン・ケイ", アスキー出版局, 1992.
- [10] Neil Randall著, 村井純監訳, "インターネットヒストリー, オープンソース革命の起源," オーム社, 1999.
- [11] 坂村健, "ユビキタス・コンピュータ革命," 角川oneテーマ21, 2002.
- [12] Kim Rose, 私信.

※本研究は、平成13年度愛知淑徳大学共同研究助成「モバイル情報機器を利用した野外観察支援用の教材開発」及び平成14年度愛知淑徳大学共同研究助成「立体映像のメディア利用に関する基礎実験」による研究成果の一部である。