

テーマ名：**みんなの宇宙絵本**

(副題) ～**子どものための衛星閲覧ソフトの提案**～

鳥羽商船高等専門学校 制御情報工学科	5年	岡田 翼
商船学科 機関コース	4年	山口 康太
電子機械工学科	5年	松本 裕介
		ファム フィ ホアン
	4年	亀川 歩性
商船学科 機関コース 指導教員		伊藤 友仁

1. 緒言

今日、人工衛星や国際宇宙ステーション（以下、ISS と記す）に代表される宇宙科学技術は日進月歩である。最近、ISS の日本モジュールが完成したばかりで、日本人宇宙飛行士の活躍が一般家庭のテレビで鮮明なハイビジョン映像で見られるようになった。このように、宇宙に関する情報が一般化したような印象を受ける一方、先進諸国では子供の理科離れが著しく、宇宙科学などの専門技術者や研究者の数の減少が懸念される。また、インターネットによる宇宙関連の情報が数多く存在するが、専門的なものが多いため、子どもから大人までが容易に理解できるホームページなどが少ないのが現状である。

今後、はるか未来まで人類が存続するためには、気象や環境などの地球観測、有人惑星探査に始まり地球外天体への移住……等々、宇宙開発が不可欠である。つまり、今から宇宙に関する視野を広げ、未来の宇宙に関して飛躍すべき時代に備えることが、人類にとって極めて重要な課題となっている。宇宙産業のように経済的な利益が見込まれる場合、商業的に係る人の数は必然的に増えると思われる。しかし、技術者や研究者を養成するには、比較的長い教育期間が必要となる。特に、理科系を選択し、その中でも宇宙科学の分野に進みたい人材を育成するには、子どもの頃の動機付けが最も重要になる。このような背景から、私たちは子どもたちに宇宙へ興味を抱かせるための活動を模索した。その結果、パソコンが一般家庭に普及したことを利用して、パソコンで人工衛星に関する情報を、簡単に分かり易く得られるようなソフトウェアを基にした人工衛星情報システム『みんなの宇宙絵本』を提案する。

『みんなの宇宙絵本』はパソコンを使って人工衛星の目的や働き、位置情報を知るためのシステム（ソフトウェア主体）である。本システムは、小さな子どもたちを主な対象として、インターネット環境下のパソコンからの人工衛星情報を通じて、宇宙とつながる機会を提供するものである。具体的な機能としては、パソコンを使用中に人工衛星や ISS が近づいたとき、ポップアップウィンドウで知らせる。起動された絵本をイメージとしたメニューウィンドウを開くと、ワンクリックでその人工衛星の位置、目的や働きなどが、易しい文章と自作のイラストで表示される。また、静止衛星についてはデスクトップ上のアイコンから起動、選択することによって閲覧できるものとした。開発言語は汎用性が高く、OS に依存しない Java を用いて、インターネット上に公開されているテキスト形式の衛星軌道情報（TLE データ）を利用した。

2. ミッション（実験）の方法

2. 1 『みんなの宇宙絵本』とは

『みんなの宇宙絵本』は、子供や大人が人工衛星の働きと位置情報をわかりやすく知るためのものである。本システムを通して、幅広い年齢の人が人工衛星に興味を持つことを期待する。

2. 2 人工衛星状況を提供する既存のソフトウェア

表 1 代表的な人工衛星情報ソフトウェア

名称	特徴	欠点
Orbitron ¹⁾ 個人作成	<ul style="list-style-type: none"> 衛星の一覧表（A～Z 順） 日本語版のダウンロード 	<ul style="list-style-type: none"> ヘルプが英語 人工衛星の種類少 難解な操作性
CALSAT32 ²⁾ 個人作成	<ul style="list-style-type: none"> 毎年のバージョンアップ 各衛星情報（Web サイト）へのリンク 	<ul style="list-style-type: none"> パラメータの説明不足 難解な衛星の分類
StellarWindow ³⁾ 企業作成	<ul style="list-style-type: none"> 位置センサによる天体観測や人工衛星観測 衛星画像や固有アイコン 	<ul style="list-style-type: none"> タブレット PC の必要性 有料
JAXA の HP ⁴⁾	<ul style="list-style-type: none"> 衛星の位置計算（任意） 5 種類の時系間で時刻を相互変換 	<ul style="list-style-type: none"> 観測できる衛星は少ない 子ども向けの説明が難しい

2. 3 『みんなの宇宙絵本』の特徴

表 1 に示した既存のソフトウェアにはない 3 つの特徴がある。

- ① 小学生で習う範囲の漢字（ふりがな付き）に限定^{5) 6)}
- ② 簡単な文章で人工衛星の説明
- ③ イメージをしやすいように手作りのイラストを付けることが必要
(StellarWindow を除く)

2. 4 システムの概要

本システムは人工衛星の位置や働きを閲覧するソフトウェアである。分かりやすくするため、機能の一部を 4 コマ漫画で図 1 に示す。



図 1 システム概要

2. 5 システムの構成

本ソフトウェアにはインターネットに接続されている環境が必要となる。インターネットからパソコンでTLEデータ⁷⁾とホームページを取得することにより、正確な位置データの算出や分かりやすい人工衛星の説明を可能とする(図2)。

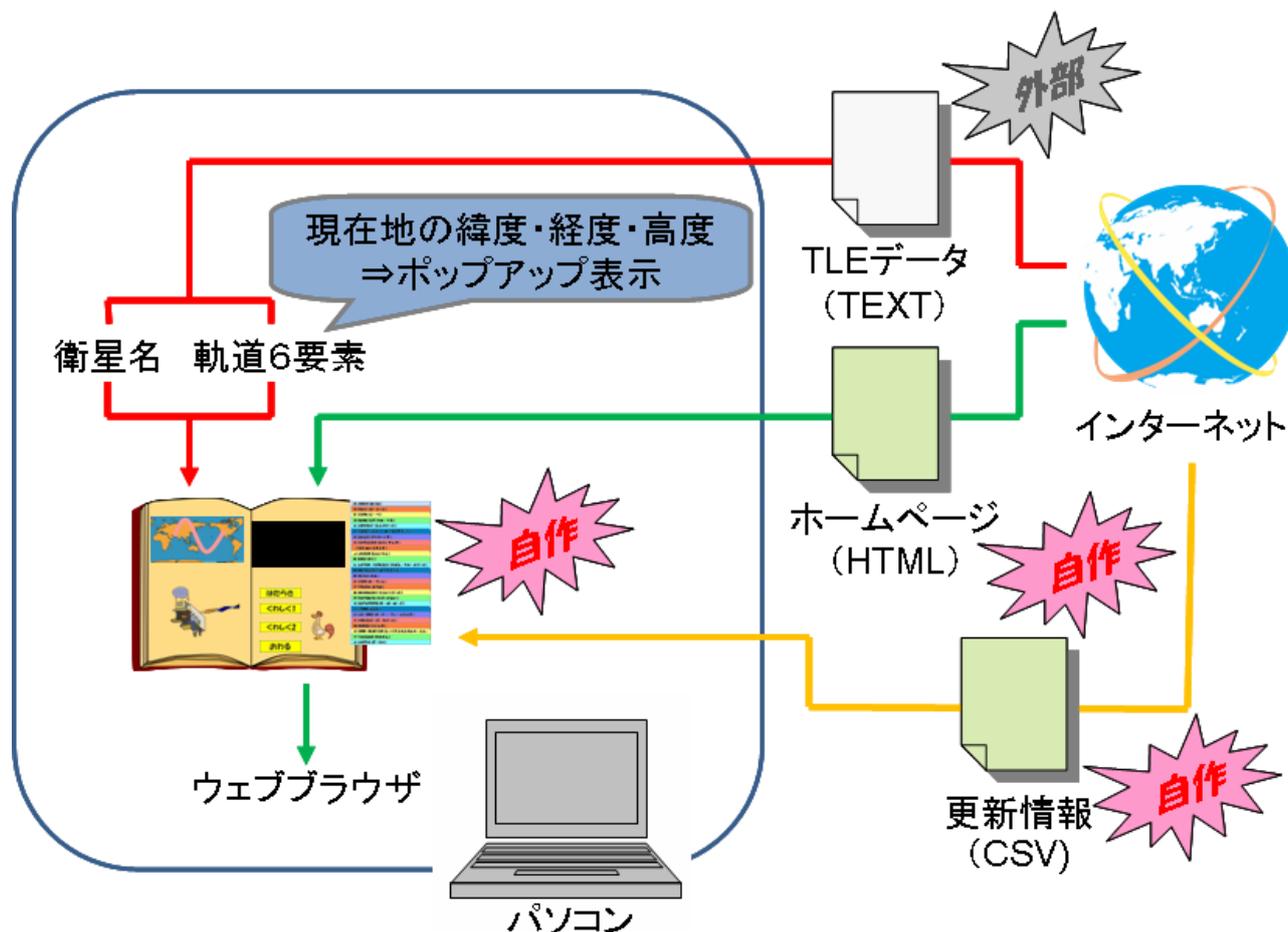


図2 システム構成図

2. 6 開発環境

今回、開発に使用した環境を以下に示す。

- ① OS : Windows® XP
- ② プログラミング言語 : Java^{8) 9)}
- ③ 実行環境 : JDK1.6.0_14以降

近年、バージョンアップが進み、Java SE6からデスクトップ周りのAPIが増えたため、タスクトレイ関係も容易に使えることとなった。元々、GUIアプリケーションには使いやすい言語で、その上、Java仮想マシンによってOSの違いに関わらず実行できる。そのため、Java言語が今回のシステムに最適と判断した。したがって、インターネットにつながっていて、JARファイル(Javaの実行ファイル)の実行ができる環境さえあれば、宇宙でも地上でも『みんなの宇宙絵本』を利用することができる。

2. 7 パソコンの操作

実際のパソコンの操作画面を図3に示す。操作画面は主にタブと5つのパネルで構成され、シンプルで分かりやすいデザインになっている。



図3 パソコンの操作画面（開発段階のイメージ）

※ コントロールパネル

はたらきボタン：図4に示す「子ども用サイト（自作）」にジャンプ

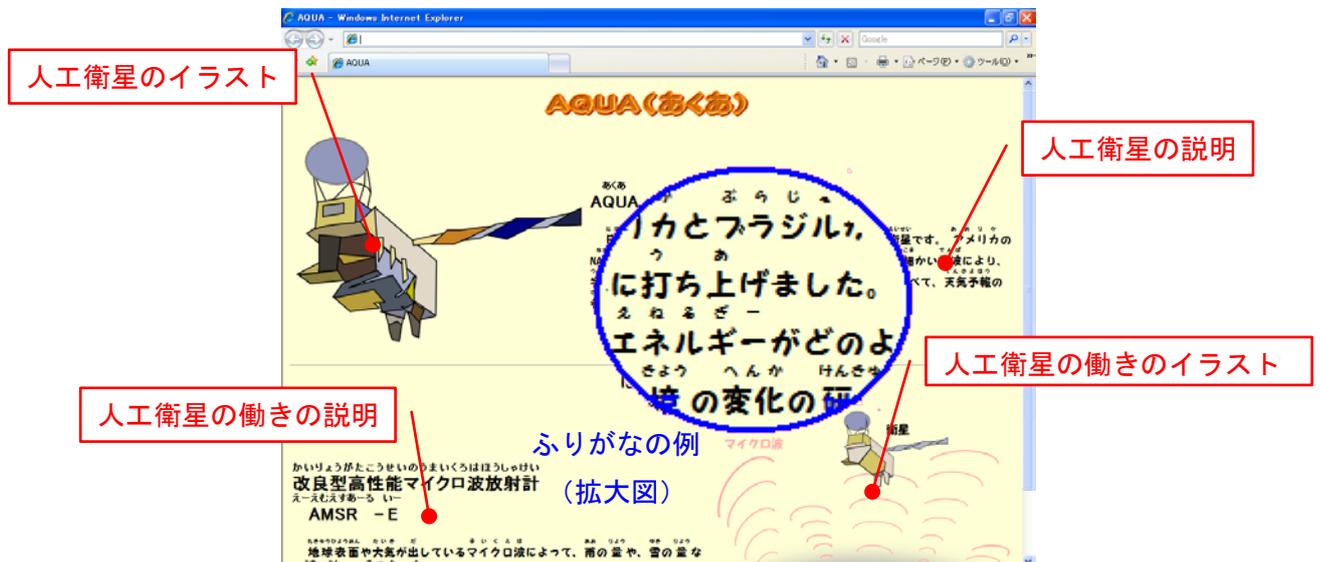


図4 自作サイト

くわしくボタン：図5、図6に示す「上級者向けサイト（専門機関運営）」にジャンプ
 (複数の場合：**くわしく1**、**くわしく2**、…)



図5 AMSR/AMSR-E ホームページ



図6 AQUA/TERRA[MODIS]衛星画像

おわりボタン：『みんなの宇宙絵本』の終了

2. 8 軌道計算

人工衛星の軌道はTLEデータにより算出する。TLE (Two-Line Elements: 2行軌道要素形式) とは、アメリカ航空宇宙局 (NASA) と北アメリカ航空宇宙防衛司令部 (NORAD) が現在でも使用しているケプラー軌道要素のフォーマット (テキスト形式) である。図7に今回使う文字と数値の所在を記す。

AQUA	← 衛星名			← 元期 ET		← 平均運動変化係数 M ₂			
1	27424U	02022A	09189.48881032	-	.00000044	00000-0	12158-6	0	3666
2	27424	98.1788	131.4192	0002025	78.4424	281.6986	14.57129953381863		
		← 軌道傾斜角 i	← 昇交点赤経 Ω ₀	← 離心率 e	← 近地点引数 ω ₀	← 平均運動 M ₁		← 平均近点角 M ₀	

図7 TLEデータ

TLEデータに記されている衛星軌道6要素から人工衛星の緯度、経度、高度は次式より与えられる¹⁰⁾。計算過程を図8に示す。

$$\text{緯度 } \phi = \sin^{-1} \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}}, \quad \text{経度 } \lambda = \tan^{-1} \frac{Y}{X} \quad [^\circ], \quad \text{高度 } h = a - r \quad [\text{km}] \quad (1)$$

元期から観測時刻までの経過日数	$\Delta t = UT - ET$ [day]
観測時刻の平均運動	$M_m = M_1 + M_2 \Delta t$ [rev/day]
人工衛星の軌道長半径	$a = \left(\frac{GM}{4\pi^2 M_m^2} \right)^{\frac{1}{3}}$ [km]
	⋮
地球中心の三次元直角座標	$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \Omega & -\sin \Omega & 0 \\ \sin \Omega & \cos \Omega & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos i & -\sin i \\ 0 & \sin i & \cos i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \omega & -\sin \omega & 0 \\ \sin \omega & \cos \omega & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U \\ V \\ 0 \end{pmatrix}$
観測時刻のグリニッジ恒星時 (∴ 理科年表)	$\theta_g = \theta_0 + \theta_g \Delta T$ [°]
	$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r \cos \phi \cos \lambda \\ r \cos \phi \sin \lambda \\ r \sin \phi \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(-\theta_g) & -\sin(-\theta_g) & 0 \\ \sin(-\theta_g) & \cos(-\theta_g) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$

図8 計算過程

2. 9 タスクトレイ

周回衛星の場合、現在地の緯度、経度および人工衛星の緯度、経度、高度により、視認できる距離を算出する。その結果から、衛星が接近しているかどうかを判断してポップアップウィンドウで子どもたちに知らせる（図9）。また、静止衛星の場合はデスクトップ上のアイコンから閲覧が可能である。

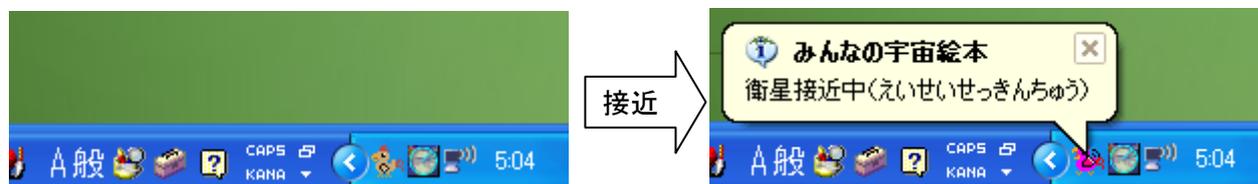


図9 タスクトレイ（開発段階のイメージ）

3. 技術的な課題

TLE データに記載されている人工衛星の種類は、私たちが数えたところ約 430 もの衛星（同機種は除く）が見受けられた。今回の製作人数と製作期間では、全ての衛星について対応させることは難しいため、アルファベット（A～Z）ごとに 26 の人工衛星を選び出し、それぞれの働きについての説明とイラストを作成した。したがって、残る人工衛星は約 404 であり、今後、これらへの対応も求められる。

4. 将来の夢

『みんなの宇宙絵本』の導入により、子どもたちに人工衛星のこと、宇宙のことを分かってもらうことにより、子どもたちの興味を深めることを目標とする。そのために、JAXA の小中学生向けホームページにリンクして、多くの子どもたちに見てもらいたい。ISS や NASA と連携して、より高度なシステムを完成させたい。宇宙への夢や希望を忘れないことが、航空宇宙の発展と貢献につながれば幸いである。さらなる発展として、図 10 のような USB 接続による小型プラネタリウムも思案している。現段階のアイデアは、卓上型にすることによっていつも側に置いていられるようなハードウェアを考えている。



図10 小型プラネタリウム（開発段階のイメージ）

本システムは、作成が容易であることを利用する方法として、説明やイラストの全世界公募によって、多言語化、および多年齢層化をすることも多いに容易である。最終的な目標として、年齢、性別、人種問わず、全世界のあらゆる人々が、このシステムによって宇宙とつながる（宇宙のことを知る）だけでなく、人と人がつながる第2の ISS を目指したい。

5. 実現方法

現在、TLE データで公開されている人工衛星は約 430（同機種は除く）である。開発人数と開発日数を考慮して、今回私たちは 26 の人工衛星を選定し、本システムに組み込むことにした。残りの 404 の衛星を組み込むにはかなりの日数がかかると考えられる。

『みんなの宇宙絵本』の製作費用は全くかからない。画像、説明文は自分たちで作成し、あとはデータ入力さえ行えば費用がかからずに製作することができる。

製作人数は、画像作成、説明文作成、データ入力を考えると約 10 人いれば効率よくできる。1 つ辺りの製作に要する時間は、画像作成が約 2 時間、説明文作成が約 30 分、データ入力が約 23 秒（ $23 \times 404 = 9,292$ 秒 $9,292 \text{ 秒} \div 60 \text{ 秒} = 155$ 分）したがって、製作に要する時間は、合計 2 時間 35 分である。

6. まとめ

今回、私たちは航空宇宙に関する啓蒙活動の一環として、人工衛星を例えに情報工学からのアプローチを試みた。私たちが提案するシステム『みんなの宇宙絵本』は、その方法の一部であり、更なる可能性を秘めている。そのことが伝わり、多くの人にこのシステムが使われることを心待ちにしている。

参考文献

- 1) Orbitron - Satellite Tracking System <http://www.stoff.pl/> (2009.7 検索)
- 2) CALSAT32 のページ http://homepage1.nifty.com/aida/jr1huo_calsat32/ (2009.7 検索)
- 3) フェアリーデバイスストア
<http://www.fairydevices.jp/ec/jp/stellarwindow/index.html> (2009.7 検索)
- 4) JAXA の軌道データ提供システム <http://odweb.tksc.jaxa.jp/odds/main.jsp> (2009.7 検索)
- 5) 文部科学省『小学校学習指導要領 第 1 節 国語』の付録『学年別漢字配当表』
http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301b/990301d.htm (2009.7 検索)
- 6) 野間佐和子『スーパー図解かんさつ絵本 はたらく自動車』株式会社 講談社 (2007.12)
- 7) NORAD Two-Line Element Sets Current Data
<http://celestrak.com/NORAD/elements/> (2009.7 検索)
- 8) 竹形誠司『Java+MyAQL+Tomcat で始める Web アプリケーション構築入門』株式会社ラトルズ (2008.3)
- 9) 小泉修『理系のための Java 入門』株式会社創成社 (2006.9)
- 10) 人工衛星位置推算の実際 (最終版)
<http://www.infra.kochi-tech.ac.jp/takagi/RSGIS/5Estimation2.pdf> (2009.7 検索)