

# WWW を用いた視覚による統計教材ソフトの開発

## Mathematics Software for Education on the World Wide Web

### (A package for statistics)

Tokihiko Niwa  
Kwansei Gakuin High School  
[niwa@kwansei.ac.jp](mailto:niwa@kwansei.ac.jp)

**Abstract** - This software, which I have made public at this time, aims to support statistic education, and is part of the "After School Math." It assists students to study by themselves. The rationale behind its entire production is the fact that I regard the mathematical image as the visual one. In particular with respect to the statistic field, this statistic software further expands on the presentation of the contents of the paper on 2001 3'd IEEE International Conference in Kumamoto University, and mainly simulated matters based on real life. For example, find the value of  $\pi$  by dropping needle (Buffon Needle Problem), regard the relationship on the arithmetic, geometric and harmonic means as the visualization, simulate the central limit theorem visually, simulate the phenomenon that the probability of elevators coming down from upstairs and coming up from downstairs is 0.5, need to be ready for how many coins (changes) on a party and so on. In addition, concerning the teaching materials, I would like to present the relationship of the birth rate and the death rate, the test of weather reports, the test as to whether we can feel if someone is watching us from behind, and also the test of the bias on the birth month of professional baseball and soccer players. Presently, I am conducting research on the quantitative measurement of the media education and evaluation by using this software and on the evaluation of this software itself. Now it is freely available for public use. In the near future, I would like to freely distribute this software and system to children all over the world, especially South-East Asia. This software is being developed with the assistance of IPA (Information-Technology Promotion Agency, Japan) and professor Ikuo Takeuchi.

.はじめに

7年前より「放課後の数学」というソフト制作に取り掛かり、今回その中の統計分野を製作した。そもそも、このソフトを制作する原動力として、次の2点が挙げられる。

(1-a) あらゆる学習者に、その能力に合った学習を行わせたい。

(1-b) 数学教育におけるメディア利用の可能性を追求したい。

さらに、(1-a)に関し詳しく述べる。教師になり20数年間一斉授業を通し、個々の学習者に適した授業ができなかった。それに対し、一般の学習者の能力に応じ、自分のペースに合わせて学習させたい、特に、体にハンディキャップを持ち自分で教科書さえめくることができない生徒や、何らかの理由で登校できない生徒にも十分な教育を行いたいという強い気持ちを持ち続けた。

一方、(1-b)に関し、以前より数学を視覚的に捉え、それを用いたチュートリアル的学習を、パソコンを用いて実現できないかどうか考察していた。

そこへ、インターネットやそれに伴ういろいろな言語が登場し(1-a)と(1-b)を結びつけ実現することが可能となった。

.ソフトの特徴

このソフトは、現在、無料で公開されているので、個にあった時間に、個にあった箇所を好きなだけ学習

できるようになっていることはもちろんのこと、その他、このソフトの特徴として、次の4点が主なものとして挙げられる。

(a) 数学教材の視覚化

数学を効率的に学習するのに欠かせない事柄の一つとして、「数学的イメージを、視覚的に捉える能力」が挙げられる。しかし、従来の方法であれば教師が頭に描いているイメージを、黒板や定規を用いて表現しようとしていたが不十分な点が多くあった。しかし、このソフトを用いると、パソコンのブラウザを通し、動的で教師が頭の中で思い描いている世界を正確に反映することが可能となった。ここで、いくつかのその特徴的な例を挙げる。

Fig.1.は、関数において、パラメーター  $p, q$  を学習者によって連続的に動かすことが自由にできるアプレットである。グラフが連続的に変化する様子を、確認することができるところが特徴的である。

Fig.2.は、学習者がパラメーターを自由に変化させることにより、分布が分布に法則収束する様子を、確認することができるアプレットである。従来のテキストでは、式を変形することによってのみ収束することを確認することができたが、このソフトを用いるこ

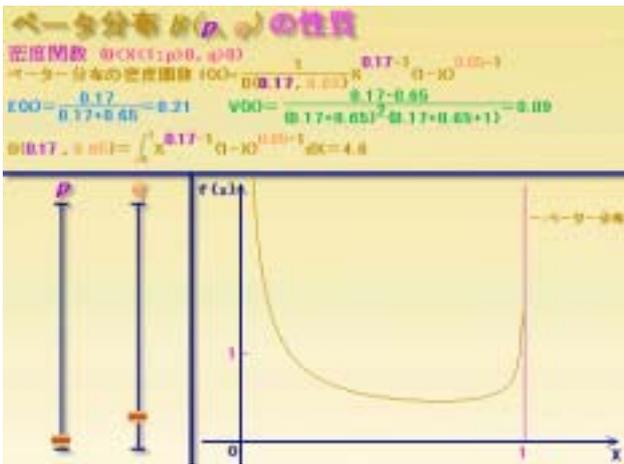


Fig. 1. 分布

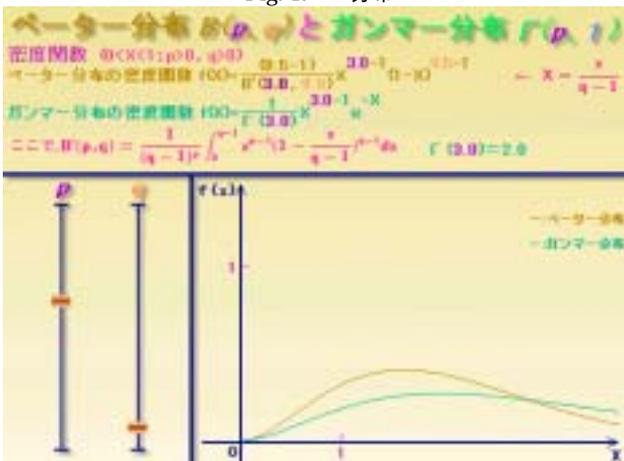


Fig. 2. 分布の収束

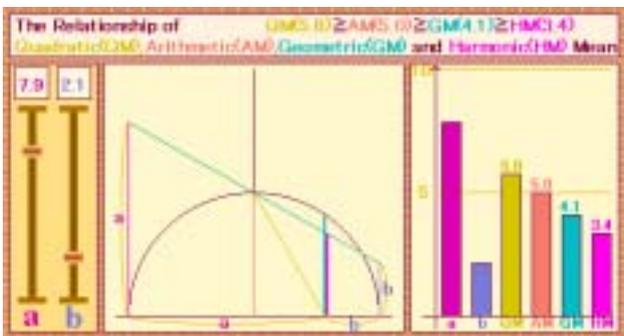


Fig. 3. 相加・相乗・調和平均の関係

とにより、視覚的に捉えることが可能となった。

Fig. 3は、相加・相乗・調和平均の関係を線分とグラフを用いて視覚的に捉えようとしたアプリレットである。

(b) インタラクティブ性



Fig. 4. 有限母集団の個数の推定

Fig. 4は、有限区画の砂浜にある貝殻の個数を、それよりも小さい区画の貝殻の個数を数えることによ

り推定するアプリレットである。学習者が適当に区画を定め、その中にある貝殻を数える試行を10回行い、その平均値から全体の貝殻の個数を推定する。その推定値と本当に発生した貝殻の個数を比較することができる。

(c) simulation

Fig. 5は、Buffon Needle Problemのシミュレーションである。平面上に平行線を引き、その上から針を落下させ、針と平行線の交わった本数と落下させた針の本数の割合から円周率を求める。

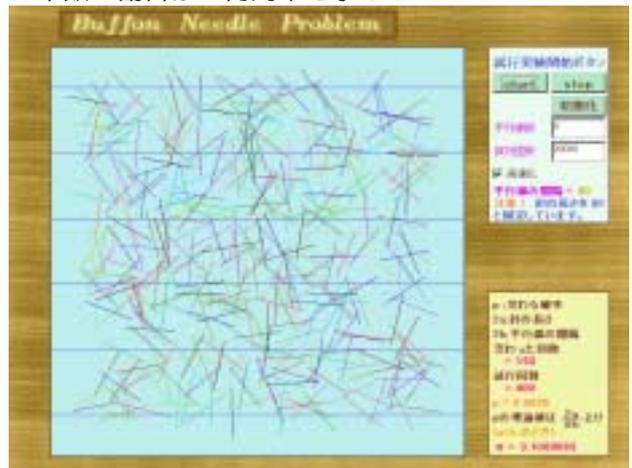


Fig. 5. Buffon Needle Problemのsimulation

(d) 反復性(Reinforce)



Fig. 6. 三角比養成マシン

Fig. 6は、統計分野ではないが、三角比分野で製作されたアプリレットで、任意に直角三角形をパソコンに発生させ、何度も直角三角形の三角比を求める練習を行うことにより、三角比の理解の定着を図るものである。

(e) 身近な事柄に基づいた教材

一例をあげると、推定の単位では、アメリカ大リーグマリナーズイチロウは、夢の打率4割は本当に実現できたのであろうかということについて取り扱う。Fig. 7は、昨年のイチロウの打撃成績である。このことより、90%の信頼区間で推定すると、6月の時点ですでに夢を実現することはほとんど不可能であるということが分かる。

打数	通算打数	安打	通算安打	通算打率	通算推定値
----	------	----	------	------	-------

4月	116	116	39	39	0.33621	0.40858
5月	124	240	47	86	0.35833	0.409405
6月	115	355	38	124	0.3493	0.391046
7月	112	467	30	154	0.32976	0.36566
8月	119	586	51	205	0.34983	0.382336
9月	89	675	30	235	0.34815	0.378403
10月	17	692	7	242	0.34971	0.379623

Fig.7.イチロウ2001年打撃成績

ほかに、阪神タイガースはいつごろ優勝を逃したと言えるか、読売ジャイアンツはいつごろ優勝を手中に

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5.4%	5.0%	5.5%	13.1%	11.1%	10.8%	10.4%	9.3%	9.4%	8.4%	6.1%	5.5%

Fig.8.Jリーグ選手の誕生日

収めたかなどを扱う。一方、検定分野では、Fig.8より、プロサッカー選手の生まれ月に偏りがあるか、野球選手には偏りがあるか、など扱う。いずれも、4月から7月にかけて生まれた選手が多いと言う結果を得た。また、パーティーの会費が1500円と500円硬貨を要するようなとき、何枚程度幹事は用意しておくべきか、など生活に密着した話題を例題に取り、そのシミュレーションを交えながら、解説するよう心がけた。

#### (f) チュートリアル的学習法

今までの教職経験で得た教授方法や順序をもとに、以前は、これら全て紙ベースで行ってきた。その経験をもとに、それぞれの単元で登場するキーワードや関連する事柄は互いにリンクが張られ、個人で学習しやすくなっている。

#### (g) ソフト拡張の可能性

このソフトをベースに、いろいろな形態のソフトの開発が見込まれる。例えば、LANを用いて学習者の学習履歴をとり、学習者には自らのつまずきや勉強方法の改善を促すための自己到達度をチェックすることを可能にし、教師に対しては、生徒がどこでつまずいているのか、また、教授方法の再検討を行うための情報を得ることを可能にする。

また、このような形式の教材製作に興味を持つ世界中の仲間が増えることで、製作したアプレットを特定のサーバーに持ち寄り、必要に応じ教師が自由に利用すること(ファイルの共有)も考えている。そのようなシステムが生まれると、ますます、充実したWBTが登場すると思う。

#### メディアを用いた教育評価法

私たちが今まで行ってきた授業形態と、全く異なった授業形態が始まろうとしている。例えば、「二次関数」と言う単元を学習しようとするとき、今までのように教科書を用いた授業方法では、ほとんど多くの者は現在学習しているところのページだけを見て、次のページを見ようとはしない。ところが、このソフトを利用すると、とりあえず、各項目をチェックして全体を確認してから学習を始めるようになった。教師は、

どのようなところへ、私たちを連れて行こうとしているのか確認してから学習しようとする。また、ゲーム感覚で、何度も何度もチャレンジしようとしている。このような点は、私たち教師が考えもしなかった現象である。したがって、私たちは全く新しい気持ちでこの研究に取り組む必要があるといえる。

メディアを用いることにより、どれだけの教育効果が得られるのか、また、どのように用いれば学力の定着が図れるのか分かっていない。そこで、メディア教育における教育効果の定量的測定について着目し、現在もどのような方法が効果的であるのか、と言う課題

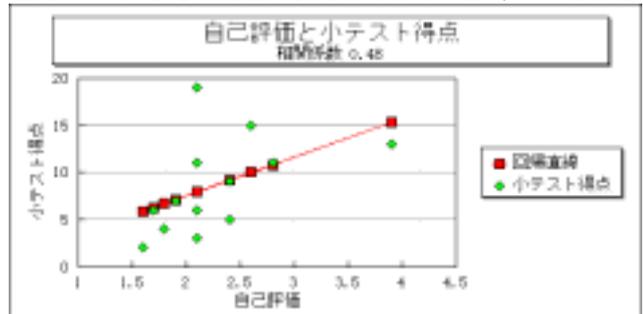


Fig.9.自己評価と小テストの相関

に取り組み続けている。

その一つの取り組みを紹介する。まず、これから教えようとする単元のキーワードをあらかじめ選択し、それらを書き並べたプリントを用意する。次に、生徒にどの程度理解できている5段階で答えさせる。5段階とは、

レベル1...見たことも聞いたことも無い

レベル2...少し知っている

レベル3...知っている

レベル4...良く知っている

レベル5...人に説明できるくらい理解できている

とし、いずれであるかアンケートを、授業前、授業終了時(テスト前)、テスト終了後の3回にわたって行う。このようにして得たデータと、相対評価の相関をとった。最も自己評価と相対評価と相関が高かったのは、試験直前の自己評価で、そのグラフが Fig.9.である。これらより、次の2点が考察される。

(2-a) 最も自分の実力を認識できる時期は、試験直前である

(2-b) メディア教育における自己評価は、生徒集団をマクロ的に理解できているかいないか把握することは可能であるが、個々としては、相対評価で得た結果ととかなりの誤差が生じるものと考えられる。

自己評価は、全体として漠然とその集団が理解できているかいないか判定することに有効であるが、個々のつまずきなど、踏み込んで指導する情報は得られないことが分かった。対象が高校生であったということも、見逃すことができない条件である。

現在、先に述べたように、学習者の履歴を取るようなシステムを開発中である。それにより、自己評価で得たデータよりもう少し詳しく、個々の情報を得るこ

とが可能となる。そのデータにより、

- どの単元にどれだけ時間をかけたか
- 問題どうしの関連性
- どの順序で学習していったか
- どのようにして、その単元の学習項目を理解していったのか

を知ることが可能となる。このような情報を得ることにより、効率よい学習方法が生まれ、教授法が誕生するように考えられる。

今後の課題

教授法に関し、「やはり数学は、紙と鉛筆を持っていなければ学習できない」と言われる。確かに純粋数学では、必要不可欠である。しかし、パソコンによって、初めて確認できる事柄も多くある。

また、評価法に関し、既存の相対評価と言う概念をそのまま、メディアを用いた教育へ継承することは、不可能であろう。

これからの教育形態は、必要に応じメディアを利用し、新しい考え方や価値観で、生徒を評価すべきではないかと考える。一方、教育の中にどのようにメディア教材を取り入れていけばよいのか、より教育効果が得られるのか考えていかねばならない。

そのためにも、LAN を組み合わせた新しいソフトを開発し、それにより、どのような形式で教育活動を行っていけばよいか考察していきたいと思っている。

これらの研究は、東京電気通信大学 竹内郁雄教授のご指導のもと、IPA (Information-Technology Promotion Agency, Japan)および株式会社 Media+(メディアプラス)の金沢 勇氏のご支援、ご協力を受け製作されている。ここで、皆様に対し深く感謝の意を表します

参考文献

[1]角 行之：“上級ソフトウェア技術者の教育方法”，1999，情報処理学会

[2]丹羽時彦，雄山真弓，田中一義：“高校数学個別学習プログラムの開発と実践” 2000，大阪大学基礎工学部 理科と情報数理の教育セミナー

[3]丹羽時彦，雄山真弓，田中一義：“高校数学個別学習教材ソフトの開発と実践の統計分析”，1999，教育システム情報学会マルチメディア教材研究部会研究報告

[4]丹羽時彦：“WWW を用いた高校数学学習教材ソフトの開発”，2000，「2000 年度ひらめき工房アジレント」成果報告書