

計算可能ドキュメント形式コンテンツによる インタラクティブ教育へのアプローチ

総合情報基盤センター 准教授 奥村 弘

ドキュメントの進化と Wolfram®テクノロジーの融合により、計算パワーが備わったドキュメント形式が誕生した。これを計算可能ドキュメント形式 (CDF)™ と謂う。CDF はコンテンツ作成者 (発信者) のアイデアと情報をより効果的に受信者 (学習者) に伝達させ、受信者の理解を促し、そして受信者の知識を広めさせる革新的な ICT テクノロジーである。而も、CDF コンテンツの作成者が Wolfram 言語™ をある程度習得せしめさえすれば、ただ同然のサステナブルな長中期的年度予算組にて — とは云え、お手持ちのプラットフォームにデスクトップ用の計算システム Mathematica® 1 ライセンスを手元に置いておくとさらに便利ではあるが — Wolfram テクノロジーによる計算パワーにより本報読者が長年にわたって蓄積された静的ドキュメントがあたかも「命を吹き込まれた」インタラクティブ・コンテンツへと変容し、受信者に一層の「知識を広める」ことを実現する ICT 教育を提供することができる。さらに、Wolfram が無償配布している Wolfram CDF Player™ のインタラクティブ機能には、Java, .NET, Flash など群雄割拠しているアプレット・テクノロジーは一切使われておらず、Mathematica ベースのたった一つの言語による高レベル・オーサリングが可能であり、Wolfram クラウドによりライブ CDF コンテンツの配備と配信をコンテンツ作成者に煩わせない。本報では、このインタラクティブ性を備える CDF コンテンツを用いた ICT 環境での教育、探求、研究、技術開発へのアプローチ方法を進言する。なお、著者が本学当センターに所属している便宜上、本報ではインタラクティブ ICT 教育に主眼をおいた書きぶりをする。

キーワード：「知識を広める」ICT 教育、CDF (計算可能ドキュメント形式)、インタラクティブ・コンテンツ、計算パワーを備えたドキュメント、アクティブ・ラーニング、Mathematica、CDF Player

1. はじめに


本報タイトルにある「計算可能ドキュメント形式」とは Mathematica | Wolfram® テクノロジーの一つである CDF (Computable Document Format™) [1] を謂う。これまでに Mathematica は Wolfram 言語™ [2] に基づいたシステムとインタラクトする数式処理システム/計算システムとして位置づけられてきた社会的認識が高かったが、執筆時の最新バージョン 11.3 では、これに関連するコンテキストとして、Mathematica Online™, Mathematica Knowledgebase™, Wolfram Notebook™, Wolfram Cloud™ など様々な Mathematica に関連する製品とサービスが存在し、従前の計算システムの範疇を超えた「知識を広める」ための百花繚乱たる Wolfram テク

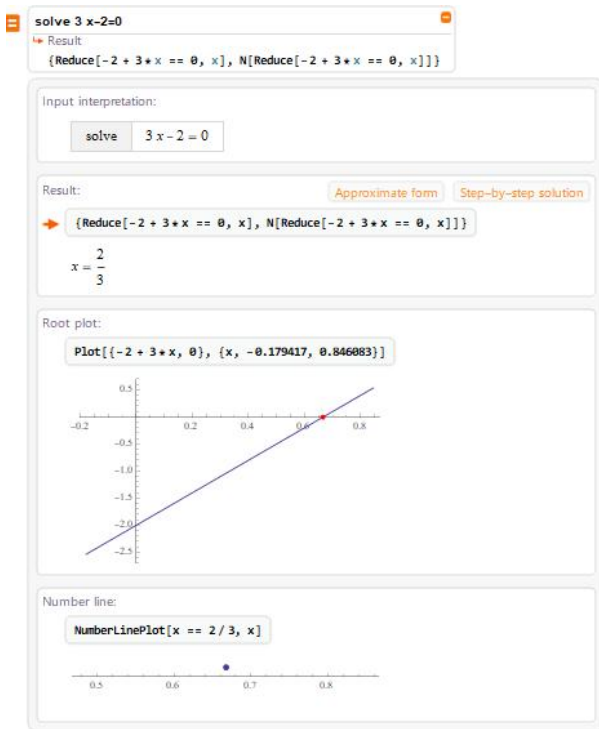
ノロジーによりインテグレートされた計算システムへと結晶化された。

もしも、本報読者が Mathematica に触れたことがないのであれば、WOLFRAM U にて閲覧可能な「Hands-on Start to Mathematica」にあるビデオシリーズ[3]の視聴をお勧めする。ここに収録されているビデオでは、実際に Mathematica を操作 (Wolfram 言語や自然言語によるコマンド入力や、Manipulate 関数を用いたインタラクティブなアプリケーション/ユーザインタフェースの作成) している様子が閲覧できるため、Mathematica への初歩的理解と興味がプログラマーでない人にも深まるであろう。また、Mathematica 初心者にとって (もちろんプログラマーでない人にとっても)、より身近になった理

由の一つとして「自由形式入力」があげられるだろう。例えば、方程式 $3x - 2 = 0$ を x について解き、計算結果の近似値を求める場合、古典的な Mathematica による解法では、

```
NSolve[3 x - 2 == 0, x]
{{x -> 0.666667}}
```

のように、Wolfram 言語特有の syntax があった。一方、「自由形式入力」 を使って同じ問題 $3x - 2 = 0$ を x について解いた場合、sugar syntax とも謂えるコマンド入力を許容し、さらには「知識を広める」結果がおまけに付いてくる：



```
{x == 2/3, x == 0.666667}
```

私見では、パーサーを介する自由形式入力が Mathematica 本体へ導入された背景には、これまでも検索エンジンを操るが如く利用可能であった Wolfram|Alpha: Computational Knowledge Engine [4] と Mathematica の作業共有機能をクラウド如何にかかわらず Wolfram テクノロジーを統一の背景とする多量の製品とサービスをエンドユーザーの所望拡大を先見した戦略的料簡があったと思われる。

2. 計算可能ドキュメント形式 (CDF) コンテンツによるインタラクティブ教育の進言

さて、表題中の CDF だが、これについて本報読者に一段のご理解を促せるよう「Computable Document Format™ (計算可能ドキュメント形式, CDF) とは何たるか」のいろはについて触れたい。

CDF およびこれに関連するより詳細な事柄については Wolfram サイト [7, 8] を熟読されれば、伶俐な知識人にとっては容易に CDF の可能性と利便性の限界を悟られ、拙著後述の説明は不要となるわけだが、私のお勉強の披露も兼ねて以下拙文にて CDF に纏わる解説を膨らませる。

CDF では、広義のソフトウェア開発 (プログラミング) と分かつため、オーサリングを前面に出しているが、これによって通常のプログラミング言語を使うソフトウェア開発に比べれば、極めて簡単に労力少なくして文字、画像、音声、動画など多彩なメディアを組み合わせたリッチ・コンテンツを作成することができる。

一言申し添えておくと、Mathematica は特定の種類のデータにだけ使用するものでも、特定の種類の計算だけを行うものでもなく、すべては「記号式」として表すことができる。これは他のシステムでは実現されていないことである [5]。一旦 Wolfram 言語を習得すれば、会話を交わすように、仕事や学習、延いては日常生活で生ずる問題やタスクに対してまでこの言語を適用することができるといった利便性がある。さにあらば、教育の関連に CDF を用いない手はないであろう、というのが本報進言の動機である。題目にある「インタラクティブ教育」とは、上述の計算パワーを備えたライブ CDF を用いることによって、次世代のインタラクティブドキュメント、ブログ、レポート、プレゼンテーション、記事、本、教材等へ活用することができることを指す [1]。

昨今の風聞によれば、初等教育からのプログラミング・クラスが徐々にではあるが盛り込まれてきている。一方、中央教育審議会での議論を経て文部科学省は、学校教育から生涯学習へ通じる実社会へ「アクティブ・ラーニング」を取り入れた教育実践での授業改善の活性化を目指すことにより、学び手が主体的・対話的な深い学びを実現せ

しめる新しい学習指導要領の考え方を示している。これと相まって、日本政府が銘打った「人生 100 年時代構想」においては、経済社会の在り方を見据えたりカレント教育と雇用の未来において問題解決力を身につけた人づくりを実現するためのブランドデザイン検討が進められている。

このような時勢を見極め、驥尾に付すならば、教育実践の授業現場さらには生涯学習に CDF インタラクティブ教育環境によるアクティブ・ラーニングの効果増強が頭をよぎるのは私だけであろうか。それとも捕らぬ狸の皮算用であろうか。

公儀からは「利用学生数分の Mathematica 導入は高価だから、ま、君の云う環境実現はちよいと厳しいな」と宣ったお言葉を賜れそうだが、候へども CDF コンテンツは Wolfram Web サイト [1] から無償でダウンロード・利用可能な Wolfram CDF Player™ を使うことにより、CDF コンテンツ作成者側に 1 ユーザ・ライセンスだけの Mathematica が手元があれば、インタラクティブ・コンテンツを用いた「知識を広める」教育が可能であり候と反駁する。

さらに、デスクトップのコンテンツ生成製品ソフトウェアとしての計算システム Mathematica も CDF コンテンツ作成には不要である。というのも、CDF ファイルの作成には大きく 2 つの方法がある。一つは Wolfram クラウドを利用することである。この方法では CDF はクラウドをオブジェクトとして配備することができるため CDF Player もその他のソフトウェアも「一切必要としない」。もう一方の方法は、お手持ちのデスクトップ・プラットフォーム (Windows, Mac, Linux) に加え、iPad や iPhone 用の iOS) に無償の CDF Player をインストールするだけで、Wolfram 言語を駆使さえすればインタラクティブ性を備えた CDF ファイルの作成配備および配布が可能となる。そして、マウス・アクションによるインタラクティブに動くコンテンツの作成には前述の Manipulate コマンドを用いれば済む (図 1)。要は一切切ただである。私が公議へ建白する「計算可能ドキュメント形式 (CDF) コンテンツによるインタラクティブ教育」の導入と継続的な運用には、障害なくして大きなメリットのみ残光する。

これら事由を以てさえすれば、CDF のコンテンツ作成者と彼らが所属する組織はお金の不安から解放され、各自の仕事に未だかつてない集中と効率をもたらすことが見込まれる。一方、CDF の受信者はコンテンツを操作し、結果をライブで生成することができる (図 2, 3)。総じてこれらのことは、ICT 教育の隆盛にとって春一番の旬風に形容できよう追い風になるであろう。

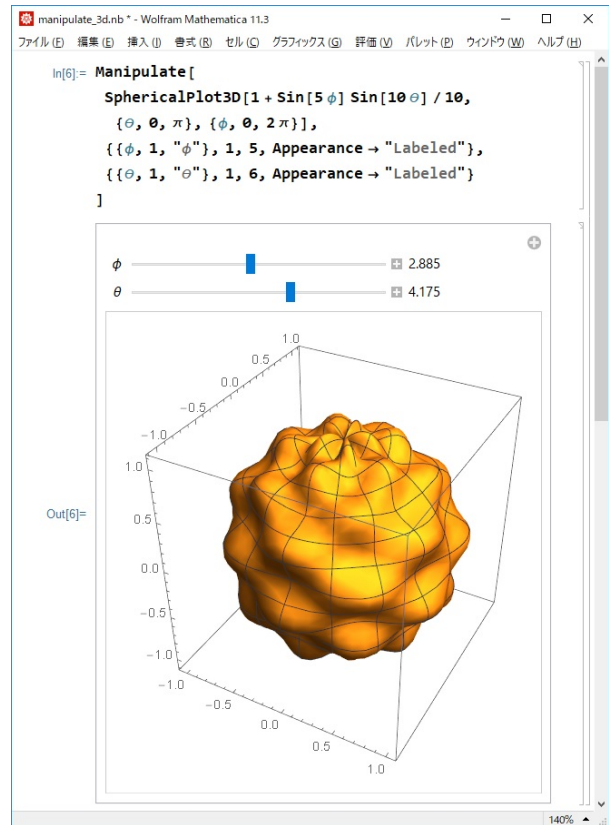


図 1. Manipulate コマンドで作成できるインタラクティブなインターフェースの例 (Mathematica 上にて) : 任意の関数におけるパラメータ操作により関数の動的変化が分かるインターフェースを作ってくれる。数理モデリング等では得てしてこの精度を左右する感度パラメータを含ませる場合が多い。果たして、この Manipulate コマンドにより、これら数理モデリングで肝要となるパラメータ変化による現象理解の学びと教え、探求、研究、技術開発の活動において CDF 作成者および受信者を支える強力なツールとなる。

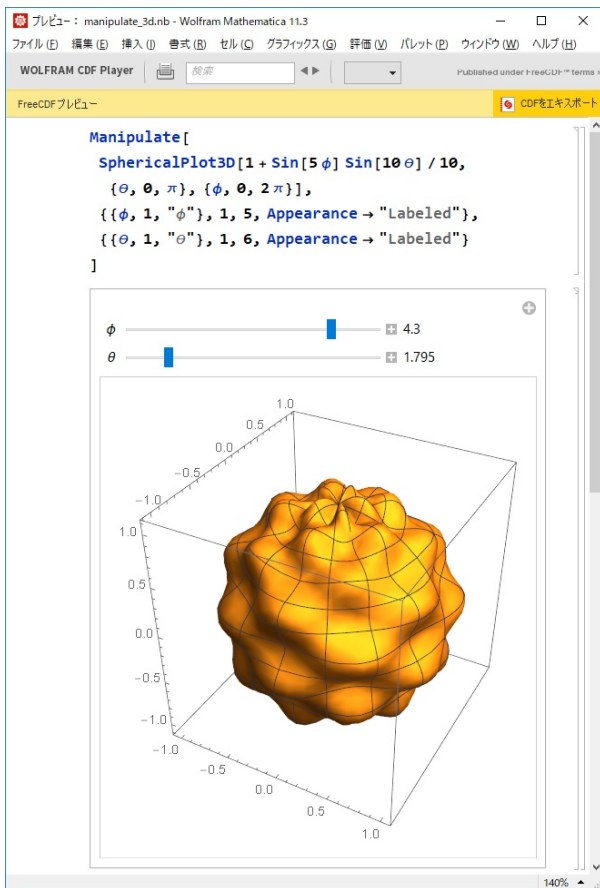


図 2. デスクトップ Mathematica から CDF コンテンツへのエクスポート・プレビュー

本報読者が長年にわたって、教育、探求、研究、技術開発およびプレゼンテーション用に蓄えてきた膨大な資料、たとえば Word や Excel などの Microsoft Office ドキュメントや PDF、そしてラスタ/ベクトル画像の標準形式もシームレスに CDF へインポートすることができる。このように Wolfram の健気な配慮が CDF 作成者および受信者にも行き届いているため、ご両人に一抹の不安も抱かせない。ただし、Wolfram が掲げている CDF 利用目的が非商用のため、CDF コンテンツ配布には作成者がこれを販売することや商業用途へのライセンスには制約[6]があることを注意せられたし。しかしながら、Wolfram Cloud を用いれば Web ページやブログに、埋め込み CDF オブジェクトとしてコンテンツ配備することができ、どのような Web サイトにでもリッチメディアコンテンツを配信することができる。

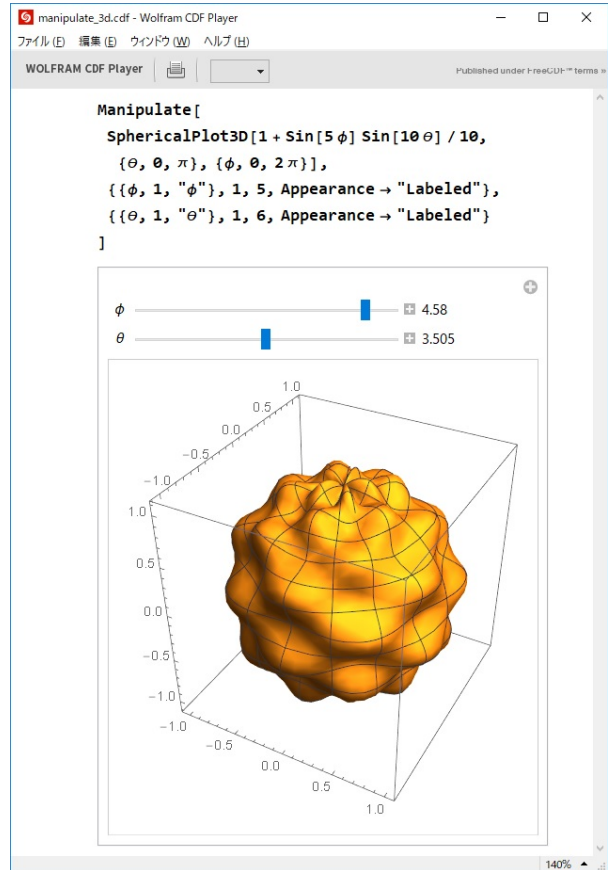


図 3. CDF Player 上のマウス・アクション

3. CDF ドキュメントの一例

空気抵抗のある雨滴の落下現象は時間領域 $t \in (0, T]$ において次の微分方程式により表現することができる：

Find $z: t \mapsto \mathbb{R}$ such that

$$\frac{d^2 z}{dt^2} + \frac{k}{m} \frac{dz}{dt} = -g,$$

$$z = z_0 \text{ at } t = 0,$$

$$\frac{dz}{dt} = v_0 \text{ at } t = 0.$$

ここで、 $z = z(t)$ は鉛直座標における雨滴位置、 m は雨滴の質量、 k は空気抵抗係数、 g は重力加速度である。

この解を Manipulate および DynamicModule を用いたライブ CDF コンテンツの例として掲載する。質量 m と空気抵抗係数 k をパラメータとした雨滴の落下現象が動くドキュメント上にてシミュレートすることができる (図 4)。

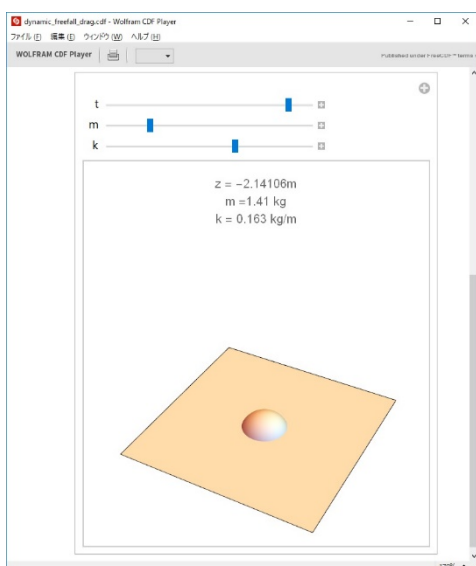
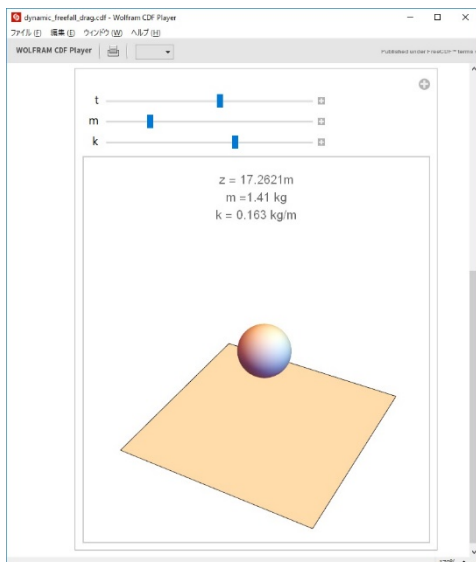
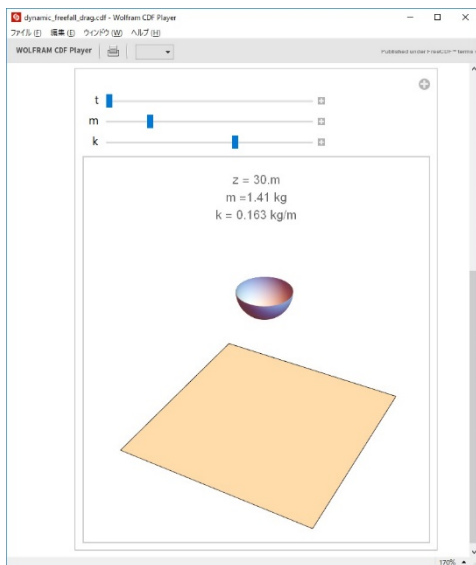


図 4. CDF での空気抵抗のある雨滴落下計算

4. おわりに

本報読者には CDF (計算可能ドキュメント形式) を用いることにより, CDF コンテンツ作成者と受信者間において高次のインタラクティブ性が生じることはお分かりいただけたと思う. 従前の静的ドキュメントに溢れた教育実践の現場にて効率的観点から慷慨や行き詰まりを感じてきた深刻な読者もいるであろう. そんな方たちにこの動的コンテンツを用いたインタラクティブ教育の方法論にご興味を抱いていただければ幸いである.

いま日本政府は, 人生 100 年時代を見据えた経済社会の在り方を構想している. ここで謂う経済社会とは, 子供たちの誰もが経済事情にかかわらず夢に向かって頑張ることができる社会であるとしている. 前述したように CDF コンテンツを用いたインタラクティブ教育は学校や研究施設等に ICT 環境がある程度整備されていれば, 学び手(受信者)はこの教育環境をただで享受することができる. この経済的観点では大公議と私の考えは共通している部分があるように勝手ながら思う. これを盾にして, 公議へこの拙案を建白する予定である. 昨今の教育改革風潮の殷賑に乗じて沙汰されればもっけの幸いである.

生来ヒトには学びたい本能があるそうだ. 子どもたちは教育制度のなかへ否応なく放り込まれる. 有識者と呼ばれる大人たちがこぞって子どもたちのために教育の方法や制度を発展させていく. 動物園の檻のなかで飼われた野生の猛獣はいつの日か吼えることさえ忘れるという. 立派で牢固な檻であればあるほど本能は早く失われる. 私は練り上げられた教育制度および方法が学ぶものにとって牢固な檻にならないことを切に願う. 小林秀雄が「分かることと, 苦勞することは同じ意味ですよ」と云った声が頭のなかでエコーした.

謝辞

本研究内容は JSPS 科研費 JP16K13734 の助成を受けた研究成果の副産物である. 本報にはこの科研費課題の研究開発目標到達を目指す途中に実用した一手段が, 結果的にセレンディピティとしてひらめいた拙案を掲載した.

参考文献

- [1] Wolfram , "Computable Document Format™
(計算可能ドキュメント形式, CDF) とは?",
<https://www.wolfram.com/cdf/> (2018.02.27)
- [2] Stephen Wolfram, "An Elementary Introduction to
the Wolfram Language", Second Ed., Wolfram
Media, Inc., (2017.04.01)
- [3] Wolfram , "WOLFRAM U - VIDEO CLASS -
Hands-on Start to Mathematica (Open courses for
students and professionals)", wolfr.am/hostm
(2018.02.27)
- [4] Wolfram , "Wolfram|Alpha: Computational
Knowledge Engine", <https://www.wolframalpha.com/>
(2018.02.27)
- [5] C・ヘイスティング, K・ミッショー, M・モリソン,
"ハンズ・オン・スタート Mathematica® —Wolfram 言
語™によるプログラミング—", 丸善出版, (2018.01.30)
- [6] Wolfram , "CDF ライセンスの種類",
[http://www.wolfram.com/cdf/adopting-cdf/licensing-op
tions.html](http://www.wolfram.com/cdf/adopting-cdf/licensing-options.html) (2018.02.27)
- [7] Wolfram, "CDF についての FAQ (よくある質問)",
<http://www.wolfram.com/cdf/faq/> (2018.02.27)
- [8] Wolfram , "Computable Document Format™
(計算可能ドキュメント形式, CDF) とは?",
<http://www.wolfram.com/cdf/> (2018.02.27)