

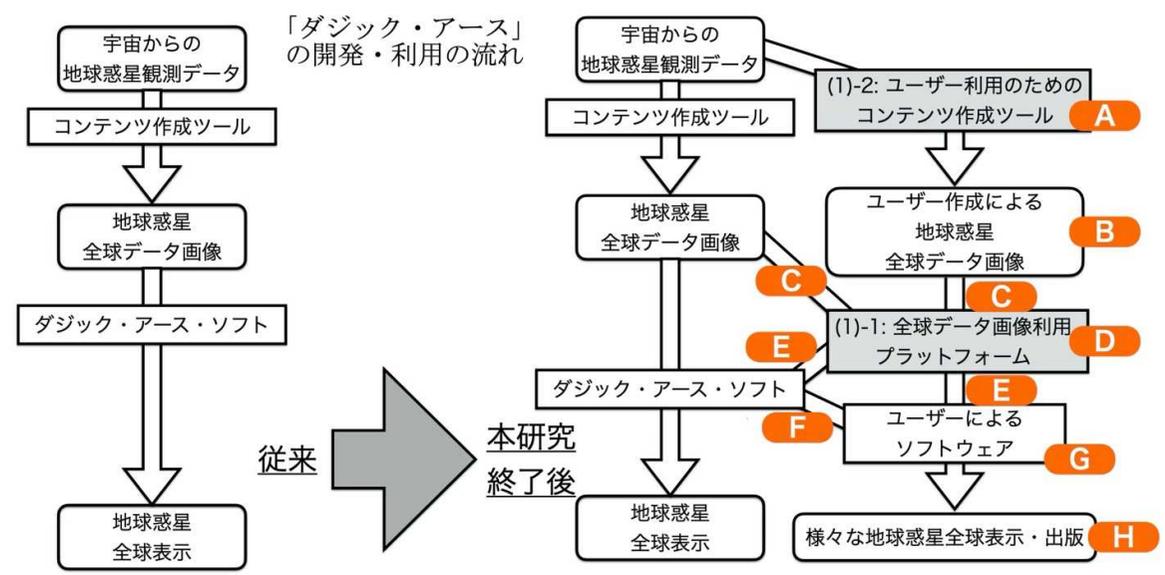
「地球・惑星全球データ画像の多用途活用のためのプラットフォーム開発」の成果の概要について

実施体制	主管実施機関	京都大学	実施期間	平成29年度～令和元年度 (3年間)	実施規模	予算総額（契約額） 56百万円		
	研究代表者名	准教授 齊藤昭則				1年目	2年目	3年目
	共同参画機関	情報通信研究機構				16百万円	20百万円	20百万円

背景・全体目標

本課題はデジタル立体地球儀のために開発された地球・惑星の全球データ画像とその表示技術を元に、ソフトと著作権の面から制限されていた企業等による多様な用途での自由な活用を目指し、地球・惑星全球データ画像利用のオープンなプラットフォームの構築と利用技術の開発を行った。

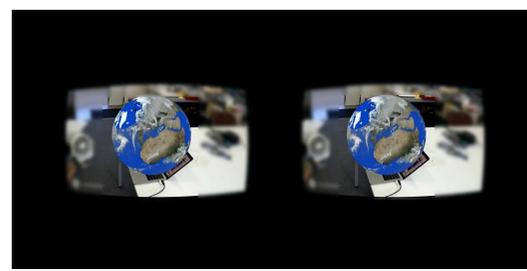
実施者らが開発しているデジタル立体地球儀「ダジック・アース」ではソフトと著作権の制限から企業等からの多くのリクエストに応えることが出来ていなかった。そこで本課題では企業等が多様な用途で地球・惑星全球データ画像を自由に利用・表示ができる仕組みを作るために以下の4点を実施した：(1)オープンなプラットフォームの構築 (2)多用途活用の仕組み作り (3)多様なコンテンツの作成 (4)利用拡大の推進。これらにより、様々な用途での地球・惑星全球データ画像の新たな活用が活発に行われるようになることを目的とした。



「ダジック・アース」の開発・利用の流れ

全体概要・主な成果

- デジタル立体地球儀「ダジック・アース」の開発・利用の流れを右上図に示した。従来の流れを左側に示し、本業務で実現された流れを右側に示した。従来は1つの流れのみであった開発から利用までの流れを、右側のように多様な開発・利用の流れが取れるように、A～Hで示したプラットフォームの整備、各種のツールを開発し、様々な用途での利用の基盤が構築された。
- 多用途での地球・惑星の全球データ画像が活用のために、商用パッケージの作成、商用立体表示機器への対応、スマートフォンアプリ開発。電子出版への対応等を行った。電子出版としてはデジタル教科書での利用が開始した。
- 多様なコンテンツの開発を行い、動画コンテンツの作成や、研究にも用いることができるような天気・気象コンテンツなどを作成した。
- 利用の拡大を進め、コンサートでの利用や展示用機材の開発が行われた。



VRゴーグルによる地球惑星全球データ画像立体表示用アプリの表示例



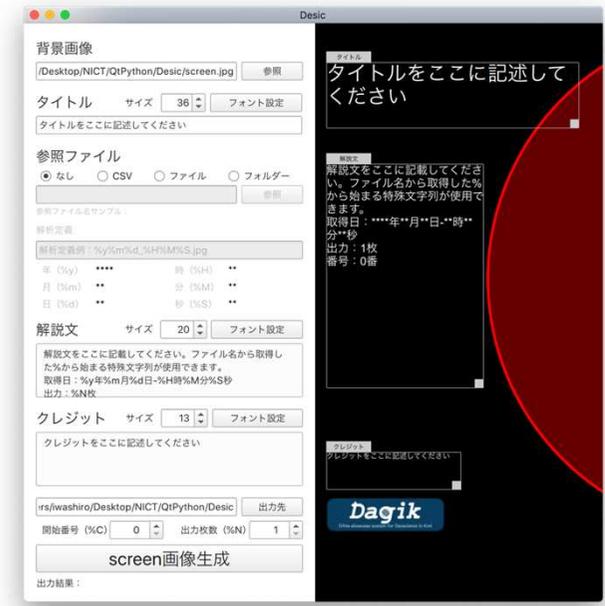
京都国立博物館における「天体と音楽」コンサートの様子 (気象予報士 広瀬駿氏、前田智宏氏との連携イベント)

① 「オープンなプラットフォームの構築」

実施内容・成果

①-1. 「ダジック・アース・ソフト」以外の他のソフトウェアなどから全球データ画像が利用できるプラットフォームの開発

- 地球惑星全球データ画像を集積し、それらを利用するソフトウェアへの提供を行う地球惑星全球データ画像利用プラットフォーム・システムを構築した。
- 「ユーザーによるソフトウェア」からのリクエストに応じて提供地球惑星全球データ画像に関する以下の4つのデータの配信が可能：(1) 地表面画像ファイル (2) キャプション画像ファイル (3) 表示設定ファイル (4) データ情報ファイル
- 毎日の全球データ画像などをプラットフォームより自動取得・自動画像変換処理を行うツールを開発し、プラットフォームにおいて多様な全球画像データ(天気図画像、全球雲画像など)が利用可能となるようにした。



地球・惑星全球データ画像作成・画像変換ツール(Demic)の実行画面
キャプション画像作成ツール(Desic)の実行画面

①-2. ユーザーが宇宙からの地球・惑星観測データからコンテンツを簡単に作成できるツールの開発

- 「宇宙からの地球惑星観測データ」をもとに「ユーザー作成による地球惑星全球データ画像」を作成するツールである地球・惑星全球データ画像作成・変換ツール(Demic)及びキャプション画像作成ツール(Desic)を作成・公開した。
- 地球・惑星全球データ画像利用プラットフォームからのデータ提供を「ユーザーによるソフトウェア」から利用を可能とするツールとして、ソフトウェアの開発に用いることができるツール「Dagik Earth 開発用ツールキット」(DeTK)を開発した。このツールキットはゲームなどの3D表示を用いるソフトウェアで広く用いられている「Unity」から利用できるものであり、これを用いることで地球惑星全球データ画像の3次元表示を行えるソフトウェアを容易に開発することができる。



ツールキットDeTKを用いた地球・惑星全球データ画像利用プラットフォーム上のデータ画像・データを3次元表示に利用するソフトウェアの開発画面

② 「多用途活用の仕組み作り」

実施内容・成果

②-1. 商用利用が可能なパッケージの作成

商用利用可能パッケージの改良として、商用利用可能なソフトとパブリック・ドメイン・ライセンスの画像を用いた10個のコンテンツを用いたパッケージを作成した。

②-2. 多様な立体表示装置での表示

多様な立体表示装置での表示のため、市販の球面立体表示装置等での表示が可能となるように表示ソフトを開発した。(株)渋谷光学により販売されているGlomal350については、インターネットに接続したウェブブラウザでGlomal350表示用のページを開くことで、ダジック・アースのコンテンツや雲画像などのリアルタイム・データの表示することが可能となった。また、新しい立体表示装置での表示への対応として、スマートフォンを利用して表示するVRゴーグルで立体表示ができるようなAndroid OS用アプリの試作を行なった。VRゴーグルで立体視することが可能となっている。

②-3. 電子出版への対応

電子出版へ向けた試行として、62の「ダジック・アース」コンテンツを小中高校の理科及び社会科のデジタル教科書あるいはデジタル参考書に利用できるようにEPUB 3.0形式で表示できるようにした。また、2020年度用あるいは2021年度用のデジタル教科書(ソフトウェア)及び資料集での「ダジック・アース」の利用が開始された。

②-4. タブレット・スマホ版の開発

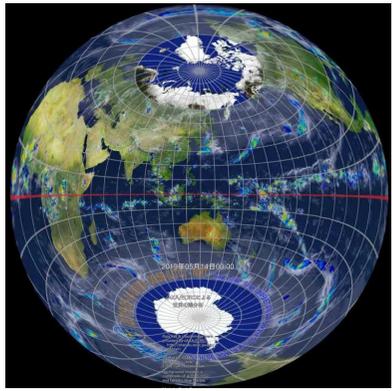
OSとしてAndroidを用いているタブレット及びスマートフォンで利用可能なアプリを開発し、公開を行った。また、OSとしてiOSを用いているデバイスで利用可能なアプリについても改良を行い、授業・展示で用いることができるように機能を高めた。これらはインターネット環境があればインストールして利用することが可能である。

②-5. その他の多用途活用の試み

企業、NPO、大学、博物館と連携した活動を行った。特に、児童教育や環境教育を目的とするNPOとの連携が新しく進み、また、ジオパークとの連携も常設展示の実現やイベントでの利用など、新しく利用が進んだ分野である。また、気象予報士事務所との有料イベントにおける連携も行われた。



商用利用可能版パッケージの表示画面



Glomal350での投影可能なダジック・アースの例 [http://dagik.org/dow/300/]



Android版ダジック・アース・アプリのコンテンツ表示の様子

③ 「多様なコンテンツの作成」

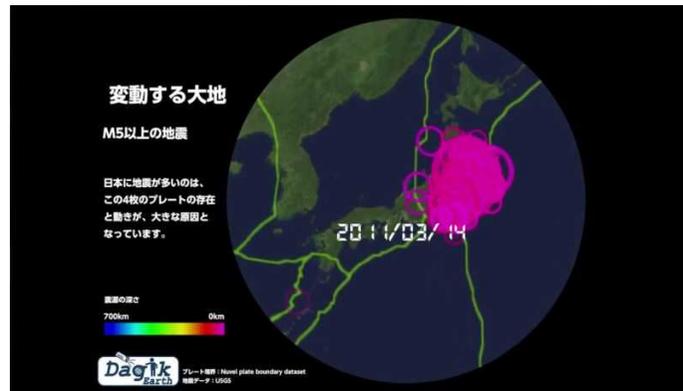
実施内容・成果

③-1. 可視化手法の改善

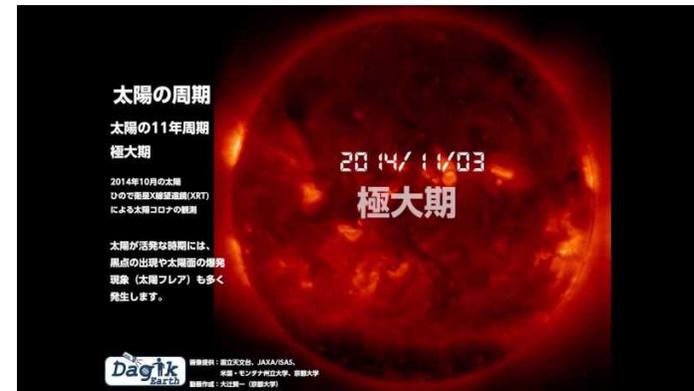
地球惑星科学データについて、新しい可視化手法を用いたダジック・アースのコンテンツとして、「太陽系」、「地球」、「雲画像」、「雲、降水量、天気図」、「台風、低気圧、太陽」、「プレート、重力」のコンテンツを作成した。



「地球：オーロラ」



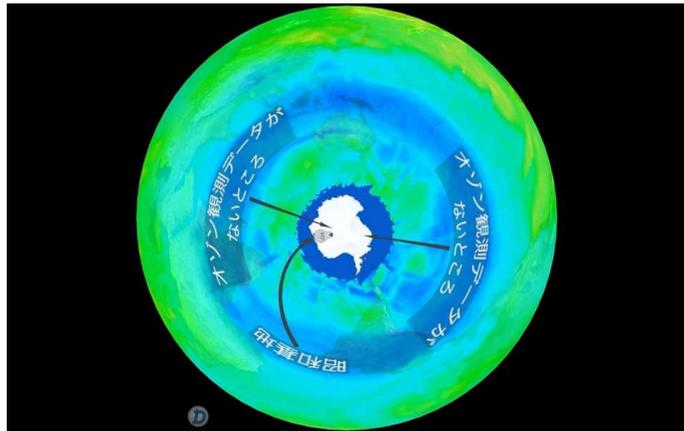
「太陽系：太陽」



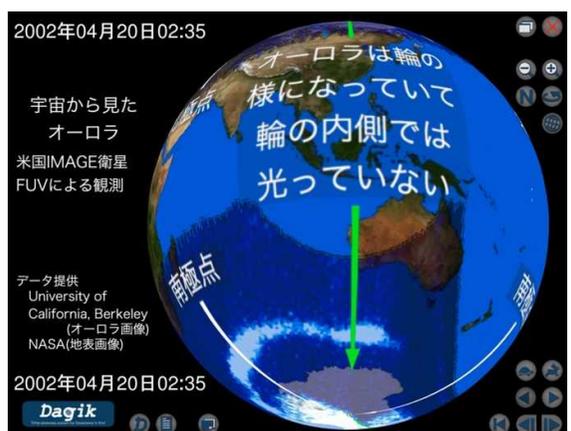
「地球：地震」

③-2. ムービーの作成

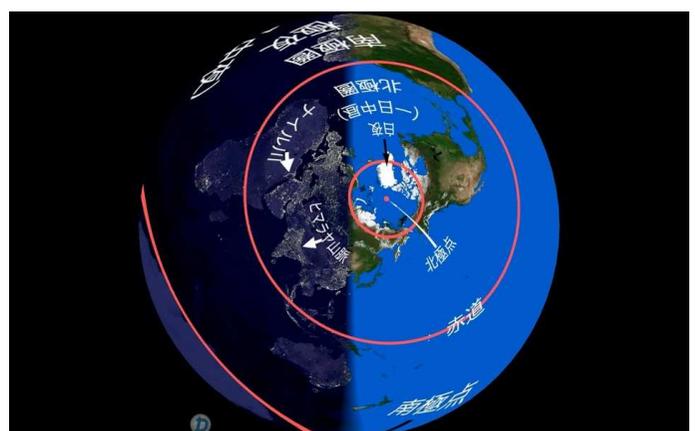
地球・惑星全球画像データを動画形式で表示するコンテンツを11個作成した。これらの動画は、地球・惑星全球画像データのみから作成したもので、ナレーションなどは入っておらず、従来のコンテンツの代わりに用いられるものである。これらに加えて「宇宙から見たオーロラ」、「オゾンホール」、「昼と夜」に関して、説明や音楽などを含めた動画を作成し、展示で試用を行った。



「オゾンホール」



「宇宙から見たオーロラ」



「昼と夜」

④ 「利用拡大の推進」

実施内容・成果

④-1. 情報共有・連携

ユーザー登録を行い、利用者の情報共有、利用者からのニーズの調査などを行った。登録ユーザーや教員研修の受講者にDVD及びUSBメモリによるソフトウェアの配布、使用方法の説明、新規情報の提供等を行った。またニュースレターやリーフレットを作成・配布し、新規利用者などへの情報提供を行った。展示などの機会には利用者のみならず非利用者からも利用しない理由などの聞き取りを行い、開発の参考とした。また、毎年研究会を開催し、情報共有とニーズの調査を行った。

④-2. 展示の実施

展示の実施として、展示会、学会などに出展し、システムの周知と利用の拡大を進めた。機材の貸し出しなどによって他の実施者による展示にも積極的に協力した。実施期間内に直接的、あるいは補助的に発信、普及啓発を実施したのは学校、科学館、科学イベントなどの183件であった。

④-3. 簡易表示装置の作成

地球・惑星全球画像を簡単に表示できる簡易表示装置の試作機を10タイプ作成した。多様な用途で使われることを目指し、(a)屋内常設展示用 (b)科学館常設展示用 (c)科学館企画展示用(d) 屋外展示用 などの試作を行った。このうちの(b)科学館常設展示用として試作したものを元にして、企業との連携によって京都市青少年科学センターにおける立体展示装置「みらい地球儀」が作成された。コンパクトな収納が可能な試作機は海外へも搬送され科学イベントで利用された。

④-4. 教育以外での活用

コンサートでの音楽との連携を実施した。2018年には小学校において小規模なコンサートとの連携を行い、2019年には京都国立博物館にてイベントを開催した。これは、プロを含めた音楽家による音楽演奏と、気象予報士によるダジック・アースを使った地球惑星の解説とを連携させ、音楽と科学を併せて楽しんでもらうイベントであり、約300名が参加した。

④-5. 他の展示プロジェクトとの連携

地球・惑星全球画像表示に関連する他の展示プロジェクト(日本科学未来館による「ジオコスモス」、国立天文台による「4次元デジタル宇宙プロジェクトMitaka」、米国大気海洋局による「Science-On-a-Sphere(SOS)」、JVCケンウッド社による「触れる地球」との連携を実施した。



宮崎科学技術館 企画展「ミニアポロ展」



七夕映像&ミュージック
コラボ 大阪府枚方市



可搬型折畳什器:展開時:蓋を開けることで
ドームが展開され、立体表示が可能となる

その他の成果

これまで得られた成果 (特許出願や論文発表数等)	特許出願	査読付き 投稿論文	その他研究発表	実用化事業	プレスリリース・取材対応	展示会展出
	国内 : 0 国際 : 0	国内 : 0 国際 : 0	国内 : 2 国際 : 3	国内 : 9 国際 : 0	国内 : 6 国際 : 0	国内 : 15 国際 : 0
	受賞・表彰リスト					

成果展開の状況・期待される効果

本課題の成果により、様々な用途での地球・惑星全球データ画像の新たな活用が活発に行われる環境が整備された。以下の様に、企業に関わる活動も広がりつつあり、今後の発展が期待できる。

- ・ 3社のデジタル教科書、教材において地球・惑星全球データ画像表示の利用が行われた。
- ・ 展示機材に関するノウハウの蓄積とそれに基づく展示装置作成企業への助言・提案(2019年4月公開の京都市青少年科学センターにおける立体展示装置「みらい地球儀」への協力など)が行われ、新たに6件の常設展示が作成された。
- ・ 開発された「Dagik Earth 開発用ツールキット」(DeTK)を用いた展示ソフトの作成が展示装置作成企業で進められており、茨城県内の施設における展示(2021年3月完成予定)に用いられる予定である。
- ・ 市販されている渋谷光学「Glomal350」等において地球・惑星全球データ画像表示が可能となった
- ・ 気象予報士事務所との連携で有料イベントを2019年8月に実施し、好評であり、今後も実施される予定である(2021年3月実施予定)。



京都市青少年科学センター「みらい地球儀」
[<http://www.edu.city.kyoto.jp/science/about/kckg.html>]

今後の研究開発計画

- ・ 本課題の実施により、これまでの立体表示だけではなく、平面表示での利用が広まり、地球・惑星全球データ画像の作成と利用の両面で多様な展開が進みつつある。
- ・ プロジェクトとして、立体表示としての価値と、大量・多様な地球・惑星全球データ画像のデータベースとしての価値との両面の価値をさらに高めるように活動を継続する予定である。
- ・ 立体展示としては、学校での利用、科学館・ジオパークなどでの展示や音楽との連携を進めていく予定である。また、海外における展開も他の機関や企業との連携によって進めていく。
- ・ 全球データ画像のデータベースとしては、デジタル教科書での利用を「デジタルならではの」新しい自発的な学びを提供するために推進していく。研究者による先端的な利用に向けた整備も推進していく。
- ・ これらの活動を促進するためにNPO等法人の設立の準備を進めている。



毎日放送「茶屋町お天気フェス二〇一九 春本番! 花見の宴!気象予報士満開おしゃべり祭」での利用 6

アウトプットに関する評価指標と評価数値 (1/2)

実施項目	目標	評価指標	評価数値
① オープンなプラットフォームの構築 1. 全球データ画像利用プラットフォームの開発	2000年以降の任意の日の地球全球雲データ画像及び、10以上の惑星全球データ画像を全球データ画像利用プラットフォームから利用可能にする。	プラットフォームで利用可能な地球全球雲データ画像の開始年と利用可能な惑星全球データ画像数で評価する。	開始年：2000年 画像数：約24万枚
② 多用途活用の仕組み作り 1. 商用利用可能パッケージの作成	商用利用可能なソフトと10個以上コンテンツからなるパッケージを作成する。	商用利用が可能なコンテンツ数で評価する。	コンテンツ数：10個
② 多用途活用の仕組み作り 2. 多様な立体表示装置での表示	企業によって開発された2つ以上の立体表示装置においてデジタル立体地球儀コンテンツを表示可能にする。	デジタル立体地球儀コンテンツが表示可能な企業による立体表示装置の数で評価する。	立体表示装置の数：2個
② 多用途活用の仕組み作り 3. 電子出版への対応	10個以上の地球・惑星全球画像データを電子出版で利用可能にする。	電子出版で利用可能な地球・惑星全球画像データ数で評価する。	画像データ数：62コンテンツ
② 多用途活用の仕組み作り 4. タブレット・スマートフォン版の開発	OSとしてAndroid、iOSを用いたタブレットとスマートフォンで利用可能な地球・惑星全球画像データを用いたデジタル立体地球儀アプリを開発する。	OSとしてAndroid、iOSを用いたタブレットとスマートフォンで利用可能なアプリが完成したかどうかで評価する。	完成
② 多用途活用の仕組み作り 5. その他の多用途活用の試み	1件以上の企業に対して地球・惑星全球画像データの利用を促す。	地球・惑星全球画像データの利用を促した企業数で評価する。	企業数：3件
③ 多様なコンテンツの作成 1. 可視化手法の改善	新しい可視化手法を用いたデジタル立体地球儀コンテンツを「地殻・地球内部」分野、「気象・海洋」分野、「地球・月・惑星」分野それぞれについて2つずつ作成する。	作成されたデジタル立体地球儀コンテンツ数で評価する。	コンテンツ数：6

アウトプットに関する評価指標と評価数値 (2/2)

実施項目	目標	評価指標	評価数値
③ 多様なコンテンツの作成 2.ムービーの作成	動画形式で10個以上のデジタル立体地球儀コンテンツを作成する。	動画形式のデジタル立体地球儀コンテンツの個数で評価する。	コンテンツ数: 14
④ 利用拡大の推進 1. 情報共有・連携	利用者に対して、ユーザー登録、ソフトウェアの配布、情報の提供を行う。	ユーザー登録が実施されているか、及び、ソフトウェアが提供されているかどうかで評価する。	ユーザー登録: 実施 ソフトウェア: 提供
④ 利用拡大の推進 2. 展示の実施	毎年1回以上、展示会などに出展し、システムの周知等を進める。	出展の回数で評価する。	出展: 15回
④ 利用拡大の推進 3. 簡易表示装置の作成	簡単な利用のために専用の簡易表示装置を4台以上試作する。	作成された簡易表示装置の台数で評価する。	簡易表示装置: 10台
④ 利用拡大の推進 4. 教育以外での活用	コンサートと連携したイベントを1回以上開催する。	コンサートと連携したイベントの実施回数で評価する。	イベント: 1回
④ 利用拡大の推進 5. 他の展示プロジェクトとの連携	日本科学未来館「ジオコスモス」などの他の展示プロジェクトとの連携を1件以上行う。	他の展示プロジェクトと連携の実施件数で評価する。	連携: 3件

アウトカムに関する評価指標と評価数値

評価指標	評価数値
全球データ画像利用プラットフォームの利用: 利用件数	約7万件(ダウンロード)
コンテンツ作成ツールの利用: ダウンロード件数	約90件
商用利用可能パッケージの利用: 利用件数	0件
多様な立体表示装置での表示: 対応機種数	2件
電子出版への対応: 書籍数・利用数	書籍数: 3件、利用数: 未確認
タブレット・スマートフォン版: ダウンロード件数	約300件
登録ユーザー増加: ユーザー数、所属機関数	ユーザー数: 564名 所属機関数: 531機関
展示での利用: 利用件数	183件(内: 新規常設展示6件)
学校での利用: 利用件数	69件

事後評価票

令和2年3月末現在

1. プログラム名	宇宙利用技術創出プログラム
2. 課題名	地球・惑星全球データ画像の多用途活用のためのプラットフォーム開発
3. 主管実施機関・研究代表者	国立大学法人京都大学・准教授 齊藤昭則
4. 共同参画機関	国立研究開発法人情報通信研究機構
5. 事業期間	平成29年度～令和元年度
6. 総経費	56百万円
7. 課題の実施結果	
(1) 課題の達成状況	
「所期の目標に対する達成度」	
◆ 所期の目標	
<p>本課題はデジタル立体地球儀のために開発された地球・惑星の全球データ画像とその表示技術を元に、ソフトと著作権の面から制限されていた企業等による多様な用途での自由な活用を目指し、地球・惑星全球データ画像利用のオープンなプラットフォームの構築と利用技術の開発を行うものである。実施者らが開発しているデジタル立体地球儀「ダジック・アース」ではソフトと著作権の制限から企業等からの多くのリクエストに応えることが出来ていなかった。そこで本課題では企業等が多様な用途で地球・惑星全球データ画像を自由に利用・表示ができる仕組みを作るために以下の4点を実施する：(1)オープンなプラットフォームの構築 (2)多用途活用の仕組み作り (3)多様なコンテンツの作成 (4)利用拡大の推進。これらにより、商用利用も含めた様々な用途での地球・惑星全球データ画像の新たな実用的な活用が活発に行われるようになることを目的とする。</p>	
◆ 達成度：全体 100%+ α	
4つの実施目標のそれぞれの達成度は以下の通りである：	
(1)オープンなプラットフォームの構築：達成度 100%	
この目標に関する実施内容は以下の2点である：	
(1)-1. 「ダジック・アース・ソフト」以外の他のソフトウェアなどから全球データ画像が利用できるプラットフォームの開発：達成度 100%	

(1)-2. ユーザーが宇宙からの地球・惑星観測データからコンテンツを簡単に作成できるツールの開発：達成度 100%

(2)多用途活用の仕組み作り：達成度 100%+ α

この目標に関する実施内容は以下の 5 点である：

(2)-1. 商用利用が可能なパッケージの作成：達成度 100%

(2)-2. 多様な立体表示装置での表示：達成度 100%

(2)-3. 電子出版への対応：達成度 100%+ α

(2)-4. タブレット・スマホ版の開発：達成度 100%+ α

(2)-5. その他の多用途活用の試み：達成度 100%

(3)多様なコンテンツの作成：達成度 100%

この目標に関する実施内容は以下の 2 点である：

(3)-1. 可視化手法の改善：達成度 100%

(3)-2. ムービーの作成：達成度 100%

(4)利用拡大の推進：達成度 100%

この目標に関する実施内容は以下の 5 点である：

(4)-1. 情報共有・連携：達成度 100%

(4)-2. 展示の実施：達成度 100%

(4)-3. 簡易表示装置の作成：達成度 100%+ α

(4)-4. 教育以外での活用：達成度 100%

(4)-5. 他の展示プロジェクトとの連携：達成度 90%

「達成度 100%」以外の項目については以下の理由である：

(2)-3. タブレット・スマホ版の開発：達成度 100%+ α

所期の目標では「ダジック・アース」アプリ本体の開発だけであったが、「プラットフォーム」と連携したツールと環境を整備することにより、利用者が利用者独自のアプリを開発できるようになった点が所期の目標を超えた成果である。実際に、大学での演習授業のためのアプリがこれらのツールによって開発されるなど利用され始めている。

(2)-4. 電子出版への対応：達成度 100%+ α

所期の目標では、地球・惑星全球データ画像を電子出版で使われるようにすることと、それを用いた試行だけであったが、実際に出版社に採用され、学校で使われるデジタル教科書と図表（大日本図書 小学校 5 年理科「たのしい理科」 指導者用デジタル教科書 2020 年度用、啓林館 中学校理科「未来へ広がるサイエンス」2021 年度用（内容解説資料）、浜島書店 高等学校 地学基礎・地学「ニューステージ 地学図表」2020 年度用）へ導入された点が所期の目標を超えた成果である。

(4)-3. 簡易表示装置の作成：達成度 100%+ α

所期の目標では、簡単に表示可能なデバイスを試作するだけであったが、ここで試作された表示装置が雛形となり、企業との連携によって京都市青少年科学センターにおける立体展示装置「みらい地球儀」が作成され、実際の科学館での利用に結びついた。

(4)-5. 他の展示プロジェクトとの連携：達成度 90%

所期の目標では、ジオコスモス、Science-on-a-Sphere(SOS)、Mitaka 等の他の展示プロジェクトとの連携を目指した。上記のいずれのプロジェクトとも情報交換と技術的支援などの連携を進めることができ、ジオコスモスのコンテンツの「ダジック・アース」への投影が行われ、Mitaka の画像を「ダジック・アース」で利用されるなどが実施された。しかし SOS との連携が課題の抽出と調整のみで終わり、実現まで進展できなかったことなど、今後の課題として継続することを踏まえて、連携に関しては 100%の達成ではなかったと評価した。

「必要性」

評価項目：科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性、発展性等）

衛星などからの観測に基づく地球・惑星の全球データ画像は、近年の衛星観測の展開などにより急激に増加しており、これまで蓄積されたデータ画像も合わせると膨大な量となっているが、その利用環境は十分に整備されているとは言えない。その中でも、狭い領域に注目する地球観測データの活用技術は、土地利用、社会活動モニタリング、農業など様々な用途があるため、多くの展開がされているが、全球データの活用技術は地球全域の活動と結びつき、特定の場所の利益に結びつかないため、注力がされていないのが現状である。本課題は、このように利用のための基盤整備が遅れている地球・惑星全球データ画像の利用のためのプラットフォームとツールを整備したものであり、海外での類似のプロジェクトも進んでおらず独創性・革新性が高く、今後の発展も期待できる実施必要性が高い課題であった。

評価項目：社会的・経済的意義（産業・経済活動の活性化・高度化、国際競争力の向上）

地球・惑星の全球データ画像を用いた立体展示としては、米国大気海洋局(NOAA)が進めている「Science On a Sphere (SOS)」が海外の 170 の科学館等で用いられており、このうち米国外は 84 件（中国 20 件、韓国 6 件、など）であり世界的に独占的に展開しているが、日本国内では 1 件のみである。この理由の一つは、国内においては、本課題で開発されている「ダジック・アース」による地球・惑星の全球データ画像を用いた立体展示が採用されているためである。現在 20 件の科学館など（海外の台湾中央気象局南部気象センターを含む）において常設展示が行われており、茨城県、青森県などにおける科学館で常設展示の準備も進められている。さらに、SOS においては、米国大気海洋局がソフトウェア・ハードウェア・保守のすべてを行っているが、「ダジック・アース」においては、本課題で開発されたシステムは幅広い企業からの利用が可能であり、それぞれの展示機器企業、教材企業がこのプラットフォームを用いて独自のソフトウェア・ハードウェアを開発して、多様な利用を生み出すことが可能となった。このように、宇宙データ利用の国際競争力の向上、産業・経済活動の活性化・高度化の両面において、本課題の開発の成果は今後も貢献できるものであり、実施必要性が高い課題であった。

「有効性」

評価項目：人材の養成

本課題の成果は、授業、展示、出版での利用を目的としており、宇宙・地球に関わる科学的情報の発信、普及啓発に用いられた。特に若年層への発信によって、宇宙利用に関する人材の養成に貢献した。実施内容「(4)-1 情報共有・連携」、「(4)-2 展示の実施」において実施者らが直接的、あるいは補助的に発信、普及啓発を実施したのは学校、科学館、科学イベントなどの 183 件であったが、これら以外にも、公開しているソフトウェア、教材を用いて多くの独自の発信、普及啓発が実施されており、本課題は人材の養成に貢献している。

同様の地球・惑星の全球データ画像を用いた発信、普及啓発としては、日本科学未来館「ジオコスモス」や JVC ケンウッド社「触れる地球」などがあるが、いずれも高価かつ大規模なものであり、その展示数及び利用者数は限られているが、本課題による多様な地球・惑星全球データ画像の利用者は多く、小学校などの学校から大学、研究機関、科学館など多くの場で活用され、宇宙からの地球惑星観測データを利用した人材の養成に有効に貢献した。

評価項目：知的基盤の整備への貢献や寄与の程度

上記の、地球・惑星の全球データ画像を用いた、米国大気海洋局(NOAA)「Science On a Sphere (SOS)」、日本科学未来館「ジオコスモス」、JVC ケンウッド社「触れる地球」などは、科学館などでの立体展示だけを想定しており、そこで用いられている地球・惑星全球データ画像をデジタル教科書などの他の用途にも利用可能とすることは想定されていない。本課題では、作成されている地球・惑星の全球データ画像を立体表示だけでなく活用することを目指して開発が進められ、その成果は学校で使われる教科書と図表（大日本図書 小学校 5 年理科「たのしい理科」 指導者用デジタル教科書 2020 年度用、啓林館 中学校理科「未来へ広がるサイエンス」2021 年度用（内容解説資料）、浜島書店 高等学校 地学基礎・地学「ニューステージ 地学図表」2020 年度用）へ導入され、現在も他の教科書での利用に向けて開発が行われている。

従来の教科書では台風の雲の動きは複数の静止画で示されていたが、本課題の成果を利用したデジタル教科書においては、地球全体から日本周辺まで学習者の興味に応じて拡大・縮小してみることができ、さらに時間的にも、連続的なデータ画像を、再生速度を変えて表示することが可能となった。また、教科書に掲載されている日時だけではなく、最新のデータも含めた他の日時をみることも可能であり、主体的な学習者の深い学びを可能にする基盤となった。このように、本課題の成果は、既存の地球・惑星の全球データと、それを利用する学習者・研究者などとを結びつけて行われる知的活動の基盤となるシステムであり、今後も幅広く利用される知的基盤の整備に有効に貢献した。

「効率性」

評価項目：費用構造や費用対効果向上方策の妥当性

費用対効果向上方策としては、本課題はプラットフォーム・システム、ツール、コンテンツなどのソフトウェア面での開発が主であったが、コストが高くなる外注費による開発をできるだけ少なくし、業務参加者による開発や、外部の技術が必要な部分だけを外注し、その前後の処理を業務参加者によって行うなどの効率化を進めた。さらに、本課題で開発したツールを用いた外部の協力者による自発的なコンテンツの開発と協力も行われ、ソフトウェア開発の費用対効果を高めることができた。これらにより、内容的には比率が高い外注費を低下させ、必要とする物品費、旅費、人件費とのバランスが良い費用構造とすることができた。

評価項目：計画・実施体制の妥当性

計画を4つの実施目標に分けて実施したことにより、多岐にわたる内容を整理しながら効率よく進めることができた。実施体制としては、京都大学と共同参画機関である情報通信研究機構(NICT)が連携を取りながら進めることで、それぞれの長所を生かした開発を行うことができた。NICTはICT分野における知識・経験が豊富であり、ツールやアプリの開発でその強みを発揮した。また、外部利用者らのネットワークも構築し、効率的な実施体制であった。

(2) 成果

「アウトプット」

(1) オープンなプラットフォームの構築

デジタル立体地球儀「ダジック・アース」の開発・利用の流れを図1に示した。従来の流れを左側に示し、本業務で実現された流れを右側に示した。従来は、「宇宙からの地球惑星観測データ」から、「ダジック・アース」開発者らが「コンテンツ作成ツール」によって「地球惑星全球データ画像」を作成し、それを「ダジック・アース・ソフト」を用いて「地球惑星の全球表示」を行う、という1つの流れのみであった。そこで、本課題では、右側のように多様な開発・利用の流れが取れるように、「全球データ画像利用プラットフォームの開発」と「ユーザー利用のためのコンテンツ作成ツールの開発」との2つの開発を行い、その成果をオープンにすることで、様々な用途での利用を実現した。

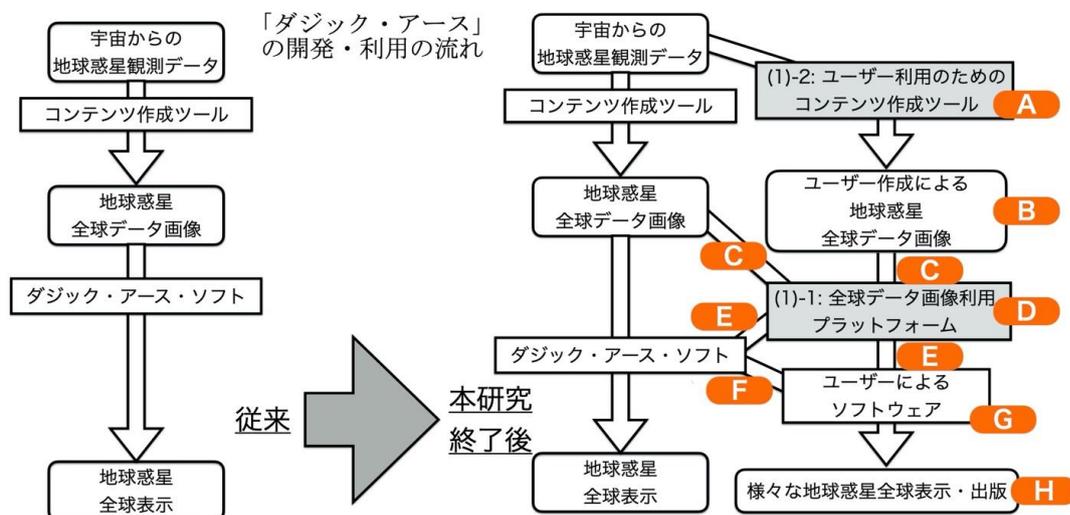


図1:「ダジック・アース」の開発・利用の流れ（提案時資料内の図に記号を追加）

(1)-1. 「ダジック・アース・ソフト」以外の他のソフトウェアなどから全球データ画像が利用できるプラットフォームの開発

図1の「D」:地球惑星全球データ画像利用プラットフォーム・システムを構築した。これは地球惑星全球データ画像を集積し、それらを利用するソフトウェアへの提供を行うプラットフォームである。

図1の「E」:このプラットフォームからのデータの提供であり、「ユーザーによるソフトウェア」(図1の「G」)から汎用的なソフトによって利用者のリクエストに応じて提供が可能となるようにhttpを用いて行うものとし、以下の4つのデータを配信する形式とした:

- (1) 地表面画像ファイル
- (2) キャプション画像ファイル
- (3) 表示設定ファイル
- (4) データ情報ファイル

図1の「C」:このプラットフォームによる全球画像データの取得であり、毎日の全球データ画像など連続的に行うものはプラットフォームより自動取得・自動画像変換処理を行うツールを開発し、プラットフォームにおいて多様な全球画像データ(天気図画像、全球雲画像など)が利用可能にした。

(1)-2. ユーザーが宇宙からの地球・惑星観測データからコンテンツを簡単に作成できるツールの開発

図1の「A」:地球・惑星全球データ画像作成・変換ツール(Demic)及びキャプション画像作成ツール(Desic)を作成・公開した。「宇宙からの地球惑星観測データ」をもとに「ユーザー作成による地球惑星全球データ画像」(図1の「B」)を作成するツールである。

図1の「E」:地球・惑星全球データ画像利用プラットフォームからのデータ提供を「ユーザーによるソフトウェア」(図1の「G」)から利用を可能とするツールとして、ソフトウェアの開発に用いることができるツール「Dagik Earth 開発用ツールキット」(DeTK)を開発した。このツールキットを用いることで、提供データ内容である(1)地表面画像ファイル、(2)キャプション画像ファイル、(3)表示設定ファイル、(4)データ情報ファイル、の詳細に関する知識がなくても、ソフトウェアからこれらの地球惑星全球データ画像の利用が可能となる。ツールキットはゲームなどの3D表示を用いるソフトウェアで広く用いられている「Unity」から利用できるものであり、これを用いることで地球惑星全球データ画像の3次元表示を行えるソフトウェア(図1の「G」)を容易に開発することができる。

(2) 多用途活用の仕組み作り

(2)-1. 商用利用が可能なパッケージの作成

商用利用可能パッケージの改良として、商用利用可能なソフトとパブリック・ドメイン・

ライセンスの画像を用いた 10 個のコンテンツを用いたパッケージを作成した。

(2)-2. 多様な立体表示装置での表示

多様な立体表示装置での表示のため、市販の球面立体表示装置等での表示が可能となるように表示ソフトを開発した。(株)渋谷光学により販売されている Glomal350 については、インターネットに接続したウェブブラウザで Glomal350 表示用のページ (<http://dagik.org/dow/300/>) を開くことで、ダジック・アースのコンテンツや雲画像などのリアルタイム・データの表示することが可能となった。ペニーアーケード社「どこでもドーム」でも同様の表示が可能となった。また、新しい立体表示装置での表示への対応として、スマートフォンを利用して表示する VR ゴーグルで立体表示ができるような Android OS 用アプリの試作を行なった。VR ゴーグルで立体視することが可能となっている。

(2)-3. 電子出版への対応

図 1 の「G」、「H」：電子出版へ向けた試行として、62 の「ダジック・アース」コンテンツを小中高校の理科及び社会科のデジタル教科書あるいはデジタル参考書に利用できるように EPUB 3.0 形式で表示できるようにした。また、2020 年度用あるいは 2021 年度用のデジタル教科書（ソフトウェア）及び資料集での「ダジック・アース」の利用が開始された。これは図 1 の「ユーザーによるソフトウェア」 「G」 および「様々な地球惑星全球表示・出版」 「H」にあたるものであり、プラットフォームの画像を利用する図 1 の「E」と、及びダジック・アース・ソフトを利用する図 1 の「F」の両方の流れで、地球・惑星全球データ画像が利用された。

(2)-4. タブレット・スマホ版の開発

OS として Android を用いているタブレット及びスマートフォンで利用可能なアプリを開発し、公開を行った。この Android アプリは、Android5.0 以上がインストールされたタブレットまたはスマートフォンと、インターネット環境があればインストールして利用することが可能である。OS として iOS を用いているデバイスで利用可能なアプリについても改良を行い、授業・展示で用いることができるように機能を高めた。この iOS アプリについてもインターネット環境があればインストールして利用することが可能である。

(2)-5. その他の多用途活用の試み

その他の多用途活用の試みとして、企業、NPO、大学、博物館と連携した活動を行った。特に、児童教育や環境教育を目的とする NPO との連携が新しく進み、また、ジオパークとの連携も常設展示の実現やイベントでの利用など、新しく利用が進んだ分野である。また、気象予報士事務所との連携も始まり、気象予報士によるダジック・アースを用いた解説は、エンターテインメント性が高い有料イベントとして実現し、今後も継続が予定されている（2021 年 3 月実施予定）。

(3)多様なコンテンツの作成

(3)-1. 可視化手法の改善

地球惑星科学データについて、新しい可視化手法を用いたダジック・アースのコンテンツとして、「太陽系」、「地球」、「雲画像」、「雲、降水量、天気図」、「台風、低気圧、太陽」、「プレート、重力」のコンテンツを作成した。

(3)-2. ムービーの作成

地球・惑星全球画像データを動画形式で表示するコンテンツを 11 個作成した。これらの動画は、地球・惑星全球画像データのみから作成したもので、ナレーションなどは入っておらず、従来のコンテンツの代わりに用いられるものである。これらは、「水星」、「金星」、「衛星『しずく』」、「火星」、「木星」、「土星」、「天王星」、「海王星」、「月」、「太陽」に関するものである。これらに加えて「宇宙から見たオーロラ」、「オゾンホール」、「昼と夜」に関して、説明や音楽などを含めた動画を作成し、展示で試用を行った。

(4)利用拡大の推進

(4)-1. 情報共有・連携

情報共有と連携のための活動として、ユーザー登録を行い、利用者の情報共有、利用者からのニーズの調査などを行った。登録ユーザーや教員研修の受講者に DVD 及び USB メモリによるソフトウェアの配布、使用方法の説明、新規情報の提供等を行った。またニュースレターやリーフレットを作成・配布し、新規利用者などへの情報提供を行った。また、展示などの機会に利用者のみならず非利用者からも利用しない理由などの聞き取りを行い、開発・展開の参考とした。また、毎年研究会を開催し、情報共有とニーズの調査を行った。

(4)-2. 展示の実施

展示の実施として、展示会、学会などに出展し、システムの周知と利用の拡大を進めた。機材の貸し出しなどによって他の実施者による展示にも積極的に協力した。実施期間内に直接的、あるいは補助的に発信、普及啓発を実施したのは学校、科学館、科学イベントなどの 183 件であった。

(4)-3. 簡易表示装置の作成

地球・惑星全球画像を簡単に表示できる簡易表示装置の試作機を 10 タイプ作成した。多様な用途で使われることを目指し、(a)屋内常設展示用 (b)科学館常設展示用 (c)科学館企画展示用(d) 屋外展示用 などの試作を行った。このうちの(b)科学館常設展示用として試作したものは、2つのプロジェクターを用いた地球・惑星の広範囲な投影を可能とするものであり、これを元にして、企業との連携によって京都市青少年科学センターにおける立体展示装置「みらい地球儀」が作成された。また、コンパクトな収納が可能な試作機は海外へも搬送され科学イベントで利用された。

(4)-4. 教育以外での活用

教育以外での活用として、コンサートでの音楽との連携を実施した。2018年には小学校において小規模なコンサートとの連携を行い、2019年には京都国立博物館にてイベントを開催した。これは、プロを含めた音楽家による音楽演奏と、気象予報士によるダジック・アースを使った地球惑星の解説とを連携させ、音楽と科学を併せて楽しんでもらうイベントであり、約300名が参加した。テレビのニュース番組で天気予報の解説をしている気象予報士による解説と音楽演奏との連携はエンターテインメント性が高く、好評であった。

(4)-5. 他の展示プロジェクトとの連携

他の展示プロジェクトとの連携として、地球・惑星全球画像表示に関連する他の展示プロジェクト（日本科学未来館による「ジオコスモス」、国立天文台による「4次元デジタル宇宙プロジェクト Mitaka」、米国大気海洋局による「Science-On-a-Sphere(SOS)」、JVCケンウッド社による「触れる地球」との連携を実施した。「ジオコスモス」との連携では、「ジオ・コスモス コンテンツ コンテスト」における受賞作の展示に「ダジック・アース」が活用され、「Mitaka」との連携では、「Mitaka」で作成された星図が「ダジック・アース」による手作り地球儀に用いられた。「Science-On-a-Sphere(SOS)」及び「触れる地球」とは、コンテンツの相互利用について技術的課題の抽出などの打ち合わせが進められた。

「アウトカム」 （令和2年10月末時点）

4つの実施目標のそれぞれにおけるアウトカムは以下の通りである：

(1) オープンなプラットフォームの構築

地球・惑星全球データ画像利用のオープンなプラットフォームと関連ツールが開発されたことによるアウトカムの主なものは以下の通りである：

- ・ 画像作成ツール(Demic, Desic)独自の地球・惑星全球データ画像利用の作成と展示への利用が可能となった。一例として、国営飛鳥歴史公園キトラ古墳石室天井の星図のコンテンツ化がされている（2020年11月の日本天文遺産認定記念イベントで利用）。
- ・ 企業による、プラットフォームとその利用ツール(DeTK)を使った科学館常設展示設備の作成が可能となり、茨城県内の施設で作成中である。（2021年3月完成予定）

(2) 多用途活用の仕組み作り

地球・惑星全球データ画像利用の多用途活用のしくみが整備されたことによるアウトカムの主なものは以下の通りである：

- ・ デジタル教科書、デジタル教材（3社）での地球・惑星全球データ画像の利用が行われた。
- ・ アプリを用いた一人1台環境でのアクティブラーニング授業での利用が可能となった。従来の立体表示ではなく平面表示による利活用が広がった。
- ・ 独自ARアプリの作成による成果の発信、授業での利用が可能となった。

(3) 多様なコンテンツの作成

多様なコンテンツが作成されたことによるアウトカムの主なものは以下の通りである：

- ・ 動画コンテンツを用いた、無人展示が実現できるようになった。
- ・ 天気図・雲画像の長期間コンテンツなどの研究の基盤データが整備されたことによ

て、立体表示としての活用ではなく、大量・多様な地球・惑星全球データ画像のデータベースとしての利用が可能となり、学校などにおける学習者だけではなく、地球惑星科学研究者による利用も始まっている。

(4) 利用拡大の推進

利用拡大が推進されたことによるアウトカムの主なものとは以下の通りである：

- ・ 利用者ネットワークの構築により、新たに本取り組みを知ってもらう仕組みが整った
- ・ 展示機材に関するノウハウの蓄積とそれに基づく展示装置作成企業への助言・提案（2019年4月公開の京都市青少年科学センターにおける立体展示装置「みらい地球儀」への協力など）が行われ、6件の常設展示が作成された。
- ・ 音楽と気象予報士の解説とを連携させた有料イベントの実施（2019年8月実施、2021年3月実施予定）を実施し、今後のイベント実施の可能性を広げることができた。

(3) 今後の展望

本課題の実施により、これまでの立体表示だけではなく、平面表示での利用が広まり、地球・惑星全球データ画像の作成と利用の両面で多様な展開が進みつつある。プロジェクトとして、立体表示としての価値と、大量・多様な地球・惑星全球データ画像のデータベースとしての価値との両面の価値をさらに高めるように活動を継続する予定である。立体展示としては、学校での利用、科学館・ジオパークなどでの展示や音楽との連携を進めていく予定である。また、海外における展開も他の機関や企業との連携によって進めていく。全球データ画像のデータベースとしては、デジタル教科書での利用を「デジタルならではの」新しい自発的な学びを提供するために推進していく。研究者による先端的な利用に向けた整備も推進していく。これらの活動を促進するためにNPO等法人の設立の準備を進めている。

8. 評価点

S

評価を以下の5段階評価とする。

- S) 優れた成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に著しく貢献した。
- A) 相応の成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に貢献した。
- B) 相応の成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に貢献しているが、一部の成果は得られておらず、その合理的な理由が説明されていない。
- C) 一部の成果を挙げているが、宇宙航空利用の明確な促進につながっていない。
- D) 成果はほとんど得られていない。

9. 評価理由

本課題では、宇宙科学の研究成果を、商業利用・展示やイベント等を通じて、子供を含む多くの一般国民に向けて分かりやすく実体験できる方法としての「ダジック・アース」に結実できており、多方面で活用される仕組みが作られている。特に、電子教科書、科学館、音楽会、商用機器などにプラットフォームが活用されており、具体的な成果が出ている。このプラットフォームの質の高さも評価されており、今後もさらなる活用が期待できる。また、プラットフォームを構築する過程で関連するデータ解析技術なども宇宙利用技術創出の基礎技術として教育的な効果があったと考えられる。

以上より、本課題は、優れた成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に著しく貢献している。

今後は、以下の点が期待される。

- 京都大学と他の組織との連携を通して、より多くの協力者を得て、市販も含め産業的な価値を高めることを期待する。デジタルコンテンツとして、ナレーションや音楽などとのコラボレーションを介して、より魅力的な素材に発展させ、海外への展開も進めることを期待する。
- 統合的・戦略的な利用推進・拡大計画を立て、個別の成果に止まることなく、飛躍的な利用拡大・普及に至ることを期待する。例えば、デジタル立体地球儀の簡易版を、全国の天文台の展示館などに設置して広範囲に身近に成果を活用することも一案と考えられる。
- 学習者にとって様々な学習に適用可能な形で開発がなされているため、このプラットフォームを使った様々な学習トピック（理科に限らず）や教材共有が進むようなネットワーク形成が望まれる。
- 電子教科書のようなマーケットで、教師が教える際にどのようなビジュアルがあるとよいか、宇宙分野に限らず、数学、社会（地理、等）、地学などそれぞれの分野でニーズがあると考えられるため、そのようなニーズを積極的に探す活動をしていくことを期待する。
- 公共財的に全て無料利用にするのではなく、商用を有料利用にするなど、収入が得られる仕組みにすることも検討されたい。