

ACUTEDIRNDL

A CUTE Data simulator aNd reDuction pipeLine

Programm / Ausschreibung	ASAP, ASAP 13. Ausschreibung (2016)	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.10.2017	Projektende	31.10.2018
Zeitraum	2017 - 2018	Projektlaufzeit	13 Monate
Keywords	CubeSat, Software, Astrophysics, Exoplanets		

Projektbeschreibung

Die Entwicklung planetarer Atmosphären wird in erster Linie durch Atmosphärenflucht beeinflusst. Messergebnisse von Transits extrasolarer Planeten im UV Spektralbereich zeigten zahlreiche unterschiedliche Phänomene. Die derzeit existierende Anzahl an Theorien um diese Phänomene zu erklären übersteigt die Anzahl relevanter Transit Beobachtungen. Die meisten Phänomene unterliegen zudem auch zeitlichen Variationen. Die benötigte Beobachtungszeit um diese Phänomene mit all ihren Varianten zu untersuchen, kann von Hubble nicht abgedeckt werden. Dank der großen Anzahl von Planeten mit kurzer Umlaufzeit, kann Atmosphärenflucht bereits mit relativ einfachen satellitengestützten Teleskopen untersucht werden. Der Massenverlust der Atmosphäre kann mit einem kleinen Teleskop im UV-nahen Spektralbereich (250-320 nm) gut beobachtet werden. Im 2016 wurde mit österreichischer Beteiligung ein Missionsvorschlag für das „Colorado Ultraviolet Transit Experiment“ (CUTE) bei der NASA eingereicht. CUTE basiert auf einem 6U großen CubeSat, und soll spektroskopische Beobachtungen im UV-nahen Frequenzbereich durchführen, um die Prozesse des Massenverlusts in planetaren Atmosphären zu studieren. Der von IWF vorgeschlagene Beitrag zu CUTE umfasst einen CUTE Daten Simulator, ein Programm zur Berechnung des Signal-Rausch-Verhältnisses in Abhängigkeit von der Belichtungszeit und mathematische Modelle um den Einfluss von Fehlern und Störungen im optischen System zu simulieren. Basierend auf den Erkenntnissen aus der Simulation soll ein flexibles konfigurierbares Programm zur Datenreduktion an Bord entwickelt werden. Die gesamte Optik des Instruments wird einer Ray-trace Analyse unterzogen. Ausgehend von einer punktförmigen Lichtquelle, wird deren Abbildung auf den Spiegeln und im Linsensystem, bis zur Abbildung des Spektrums am Sensor untersucht. Diese Analysen werden mit verschiedenen Intensitäten durchgeführt um die Bedingungen für unterschiedliche Sterntypen und deren Leuchtkraft zu simulieren. Zuerst wird man sich auf die nominalen Bedingungen konzentrieren und eine große Anzahl von Referenzspektren generieren, anhand derer die Anforderungen an die Datenreduktion festgelegt und auch die Routinen zur Berechnung des Signal-Rausch-Verhältnisses abgeleitet werden. Mit Hilfe des Datensimulator werden auch synthetische Daten eines Planetentransit generiert, womit die wissenschaftlichen Teams ihre Auswerte- und Analysealgorithmen optimieren können. Trotz hohen Aufwands für den mechanisch stabilen Aufbau der Optik sind geringfügige Veränderung auf Grund der hohen Beschleunigungen während des Start unvermeidbar. Der Datensimulator erlaubt uns, diese Abweichungen von der nominalen Konfiguration und deren Einfluss auf die Messdaten im Voraus zu simulieren. Dank des Datensimulators können die on-board Routinen der Datenreduktion schon vor dem eigentlichen Messungen hinsichtlich ihrer Funktionalität, Flexibilität geprüft und getestet werden. Das Projekt umfasst auch die finale Optimierung der Algorithmen mit Hilfe der

Messdaten während der ersten Wochen der Inbetriebnahme im Orbit. Das Projekt endet daher erst einige Monate nach dem tatsächlichen Start der Mission.

Abstract

The long-term evolution of a planetary atmosphere is predominantly controlled by escape, a process leading atmospheric gas to leave the planet's gravitational well and disperse into space. The ultraviolet (UV) transit observations of extra-solar planets conducted so far led to the detection of a large variety of phenomena, but, at present, the theories explaining them exceed the number of relevant transit observations. There is a whole wealth of phenomena, also variable in time, that requires a large observational effort to understand, effort that cannot be undertaken by the Hubble Space Telescope, which is our almost only UV "eye" and has now a very limited life-time. Owing to the large size of the transiting atmospheres and to the short orbital periods of close-in planets, the physics of atmospheric mass-loss can be studied with a dedicated small instrument operating at near-UV wavelengths (250 – 320 nm). In 2016, we proposed to NASA to build, launch, and operate the Colorado Ultraviolet Transit Experiment (CUTE), which is a 6U CubeSat specifically designed to provide exactly the kind of spectroscopic observations that are urgently needed to further understand atmospheric escape. CUTE has been graded as the best UV/visible CubeSat submitted to NASA in 2016 with final funding decision expected to come in January-February 2017. We propose here to develop CUTE's data simulator, generate an exposure time and signal-to-noise calculator, perform tests to foresee the effects of possible deviations from the nominal instrument alignment, and produce a stable and flexible data reduction pipeline. We will simulate CUTE's optical system and perform ray tracing from the light source onto the CCD detector using point-like light sources with different spectral distributions and fluxes to simulate data obtained by observing different stellar types and magnitudes. We will first concentrate on the nominal case and produce a wide range of simulated CUTE stellar spectra that will be used to start planning/preparing the data reduction pipeline and to develop an exposure time and signal-to-noise ratio calculator. We will use the data simulator also to construct synthetic CUTE transit datasets that will be used to train the science team in the data analysis. Despite all efforts taken to avoid this, small deviations of the optical system from the initial conditions may occur during/after launch. We will therefore use the data simulator to identify the effects that these deviations will have on the data. We will finally develop the on-board data reduction pipeline that will carry out dark and bias subtraction, cosmic-ray correction, removal of the flat-field, and spectral extraction. The final reduction steps (wavelength and flux calibrations) will be carried out on the ground. Thanks to the development of the data simulator, we will be able to produce a flexible pipeline capable of dealing with a number of possible in-flight complications. The project is timed in such a way that its end will be a few months after launch in order to perform fine tuning of the pipeline during commissioning and to provide initial data reduction support to the science team.

Projektpartner

- Österreichische Akademie der Wissenschaften Institut für Weltraumforschung (IWF)