

Context

Het bestuderen van het huidige klimaat op Mars biedt inzicht in zowel de atmosferische evolutie in het verleden als bredere planetaire processen. Waarnemingen en klimaatmodellen zijn nauw met elkaar verbonden: modellen helpen bij het verzamelen van gegevens, terwijl waarnemingen simulaties inperken en valideren. Discrepanties tussen beide kunnen wijzen op ontbrekende of slecht weergegeven processen. Aangezien observaties vaak beperkt zijn in ruimte en tijd, vullen modellen cruciale hiaten op, wat een nauwkeurige weergave van bekende atmosferische kenmerken vereist. De resolutie van modellen, die wordt beperkt door rekenkracht, beperkt de expliciete behandeling van kleinschalige dynamica, die geparametriseerd moet worden. Hierin spelen zwaartekrachtgolven – gegenereerd door topografie of weersystemen – een sleutelrol bij de overdracht van energie en momentum naar de bovenste atmosfeer. Ondanks hun relatief kleine ruimtelijke schaal oefenen ze een aanzienlijke thermische en dynamische kracht uit, waardoor hun opname in klimaatmodellen voor Mars essentieel is voor een nauwkeurige simulatie van het atmosferische systeem van de planeet.

Doelstellingen

Het doel van het MOMENTUM-project is om een beter inzicht te krijgen in de impact van zwaartekrachtgolven op grootschalige circulatie en om globale klimaatmodellen (GCM's) te verbeteren door deze effecten nauwkeuriger weer te geven in klimaatsimulaties. Door gebruik te maken van waarnemingen van het Nadir and Occultation for MArS Discovery (NOMAD)-instrument aan boord van de ExoMars Trace Gas Orbiter (TGO), kunnen we zoeken naar signatures van zwaartekrachtgolven en proberen hun potentiële effecten op de gemiddelde stroming te kwantificeren. Deze waargenomen effecten kunnen vervolgens worden vergeleken met die welke in het GCM zijn berekend aan de hand van de zwaartekrachtgolf-weerstand (GWD)-parameterisaties, die niet goed zijn afgebakend. Er zijn verschillende parameters die in deze schema's kunnen worden aangepast, en met de waarnemingen kunnen we werken aan een meer realistische simulatie. Het directe effect van zwaartekrachtgolven op de gesimuleerde windvelden kan de algehele globale circulatie wijzigen en secundaire effecten hebben op de thermische structuur in de bovenste atmosfeer. Het gebied waar de golven naar verwachting breken, is een belangrijke overgangszone tussen de hogere en lagere atmosfeer, dus dit is een belangrijk proces om goed weer te geven in een GCM.

Conclusies

We zien zwaartekrachtgolven vaak in de TGO/NOMAD-waarnemingen en bouwen een klimatologie van de activiteit op over meerdere Marsjaren. We zien enkele verschillen in het gedrag bij zonsopgang en zonsondergang, met name in de winter op het zuidelijk halfrond.

Door de door NOMAD waargenomen temperaturen en golfactiviteit te analyseren, hebben we de GEM-Mars GCM-parametriseringen van de zwaartekrachtgolfweerstand kunnen afstemmen om beter aan te sluiten bij de waarnemingen en realistischere simulaties te bieden.

Dit project heeft ons in staat gesteld om simulaties met hoge resolutie van de Marsatmosfeer te maken, en er zijn meer simulaties gepland om de seizoensgebonden en dagelijkse verschillen in golfactiviteit beter te begrijpen.

We hebben verschillende voorbeelden gevonden van koude pockets die waarschijnlijk het gevolg zijn van golfactiviteit, waar de vorming van CO₂-ijswolken mogelijk is. Dit biedt de mogelijkheid om dit verder te bestuderen en de modelimplementatie van dit soort wolken te verbeteren.

Dit project heeft ook andere verbeteringen aan het model mogelijk gemaakt, zoals de implementatie van een betere formulering voor de stralingsoverdracht in niet-lokale thermodynamische evenwichtsomstandigheden.

Sleutelwoorden

Marsatmosfeer, zwaartekrachtgolven, mondiale klimaatmodellering, parameterisaties