

氏名(国籍)	とう	え	ほう	(中国)
	陶	衛	峰	
学位の種類	博士(工学)			
学位記番号	博甲第4854号			
学位授与年月日	平成20年11月30日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当			
審査研究科	システム情報工学研究科			
学位論文題目	Parallel Particle-In-Cell Code and its Application to Virtual Magnetosphere (並列粒子コードと数値磁気圏への応用)			
主査	筑波大学教授	工学博士	北川高嗣	
副査	筑波大学教授	博士(工学)	櫻井鉄也	
副査	筑波大学教授	博士(工学)	福井幸男	
副査	筑波大学教授	工学博士	朴泰祐	
副査	筑波大学准教授	Ph. D. (工学)	蔡東生	

論文の内容の要旨

Compared to global MHD simulation, which is more inclined to treat large scale system behaviors, global particle simulation provides a more accurate treatment of many local and quasi-local processes. If the global particle simulation can be modeled at quantitative level, it will clarify more clearly the coupling between macroscopic phenomena and microscopic phenomena. The result will contribute greatly to form the first step toward the realization of numerical space weather prediction. The purpose of this research is to implement and analyze the global particle simulation at quantitative level, which contribute to data assimilations for new space missions. First, the isoefficiency analysis and the scalable benchmark of two three-dimensional (3D) Particle-In-Cell PIC codes are implemented on two computational grids, namely supercomputer based Grid and cluster based Grid. From the benchmark results we confirm that parallel TRISTAN PIC code (without all-to-all collective communications) is more scalable than the parallel skeleton, PIC code (with all-to-all collective communication). We also show that it is possible to implement the parallel TRISTAN PIC code at quantitative spatial and temporal level with 250 processors at efficiency of 0.70. Second, two global particle simulations using 3D EMPM (Electromagnetic Particle Mode) code are performed. They are (1) a “sash” simulation with turning IMF (Interplanetary Magnetic Field) from Northward to Southward, and (2) a simulation for bifurcation and hysteresis of the magnetospheric structure with varying Southward IMF. These two simulations validate the use of 3D global electro-magnetic-particle-model (EMPM) code to simulate and determine the optimal observational orbits for future space missions. The code should help to implement the 3D EMPM code at quantitative spatial and temporal level to assimilate simulation data to the satellite observation data. Third, the virtual satellite system has been developed to mimic the satellite observations with multiple probes. If a quantitative level global particle simulation can be performed using the most advanced supercomputer or computational Grid system, the virtual satellite visualization system can be used to assimilate the satellite observation data to the numerical simulation data, and determine the new spacecrafts orbits to observe the significant phenomena in space.

審査の結果の要旨

著者は高効率な MPI (Message Passing Interface) と OpenMP (Open Multi-Processing) を用いた 3 次元並列グローバル電磁粒子シミュレーションコードを開発し、地球磁気圏のグローバルシミュレーションを行った。探査衛星の観測データとシミュレーションデータの同化を行うため、バーチャルサテライトと呼ばれる、シミュレーションデータ中を仮想的に探査する可視化システムを開発した。また、より実スケールに近いデータ同化を行う目的で広域計算グリッド実験を、名古屋大学 - 京都大学のスパコン、東京大学 - 産業総合研究所のクラスター計算機を繋ぎ行い、開発された 3 次元並列グローバル電磁粒子シミュレーションコードの性能を他の粒子コードの性能と比較し評価した。開発されたコードは高いスケーラビリティをもち、バーチャルサテライトと合わせて、将来の宇宙探査ミッションの軌道を決定する重要なツールとなる。これらの研究成果は、並列数値計算、可視化、宇宙探査ミッション研究に貴重な知見を与える研究であり、有用な研究である。

よって、著者は博士 (工学) の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。