

GPM 全球降水マップのデータ同化手法の研究

報告書番号：R17JR0201

利用分野：宇宙技術

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2017/4329/>

● 責任者

古川欣司 第一宇宙技術部門衛星利用運用センター

● 問い合わせ先

久保田拓志 kubota.takuji@jaxa.jp

● メンバ

小槻峻司,寺崎康児,三好健正,金丸佳矢,佐藤正樹,久保田拓志

● 事業概要

GSMaP, GPM/DPR やその他の衛星観測データを,先端的のアンサンブルデータ同化手法により数値天気予報モデルに取り込み,大気客観解析及びこれを初期値とした予報に改善をもたらすと共に,衛星観測データと数値モデルの双方を活かした新たな降水プロダクトの可能性を切り拓く.

http://www.eorc.jaxa.jp/GPM/index_j.htm

● JSS2 利用の理由

本研究では,全球大気データ同化システム (NICAM-LETKF) による衛星観測データ同化及び予測計算を行うが,大規模な全球大気モデル計算,及び,アンサンブルデータ同化を行うために,JSS2 は必須である.

● 今年度の成果

(1) NICAM-LETKF への GPM 二周波降水レーダー (GPM/DPR) 同化

GPM/DPR の直接同化のために,データ同化に用いる NICAM の解像度を Glevel6 (112km 解像度) から Glevel8 (28km 解像度) に上げ,雲物理 (6 クラス・シングルモーメント・バルクスキーム) を陽に解く設定とした.また,GPM/DPR を同化するための観測演算子として Joint Simulator (Hashino et al. 2013) を実装した.テスト計算を実施し,まず 1 時刻の GPM/DPR の KuPR 及び KaPR 観測値を同化したところ,レーダー反射強度の空間分布・鉛直分布共に,同化により解析値が観測値に近づく良好な結果を得た (図 1).

(2) NICAM-LETKF への水蒸気サウンダ(MHS)の同化

NICAM-LETKF の更なる解析精度の向上を目指し,晴天域におけるマイクロ波水蒸気サウンダ(MHS)の同化システム開発した.従来の NICAM-LETKF システムには,海上上空の水蒸気に関する観測が少なかった.MHS を同化した場合としなかった場合の実験結果の比較から,気温場,水平風場,水蒸気場に

ついて,改善の傾向がみられた (図 2) .

(3) NICAM-LETKF の準リアルタイムシステムの開発

これまで開発が行われてきた NICAM-LETKF (112-km 解像度)を準リアルタイム (8 時間遅れ)で自動実行させるシステム開発を行った.NICAM-LETKF に必要な観測データの入手等の準備から JSS2 上での計算,計算結果の後処理や図化などの一連の処理を自動化させた (Fig. 3) .約半年の試験運用を行い,準リアルタイムシステムの安定性を確認した.

(4) NICAM-LETKF を用いた高解像度アンサンブル予報実験

NICAM-LETKF のアンサンブル解析値を大気場の初期値として NICAM の高解像度(空間解像度 14 km)アンサンブルシミュレーションを行った. 平成 29 年 7 月北部九州豪雨に着目していくつかの初期時刻でシミュレーションを実施した結果,7 月 6 日の豪雨となる約 1 日前からの予報実験で強い雨が再現されることを示した (図 4) .

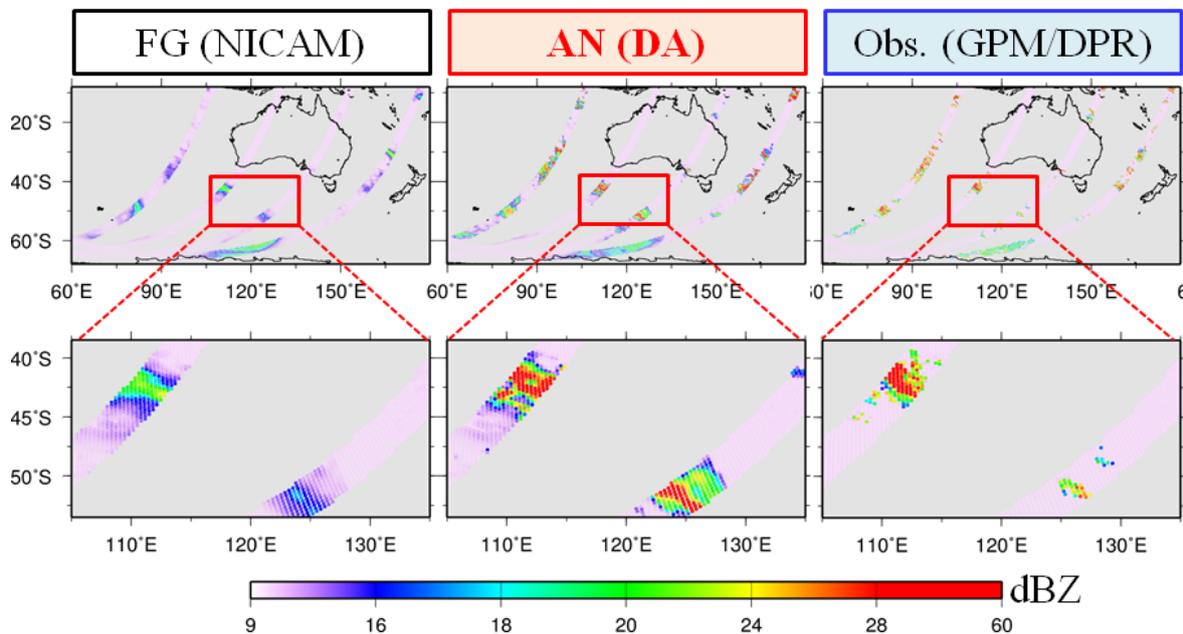


図1 GPM/DPR を最初に同化した時刻(2014年6月17日00UTC)における,KuPR 反射強度の鉛直最大値(dBZ).左：第一推定値,中：解析値,右：観測値.

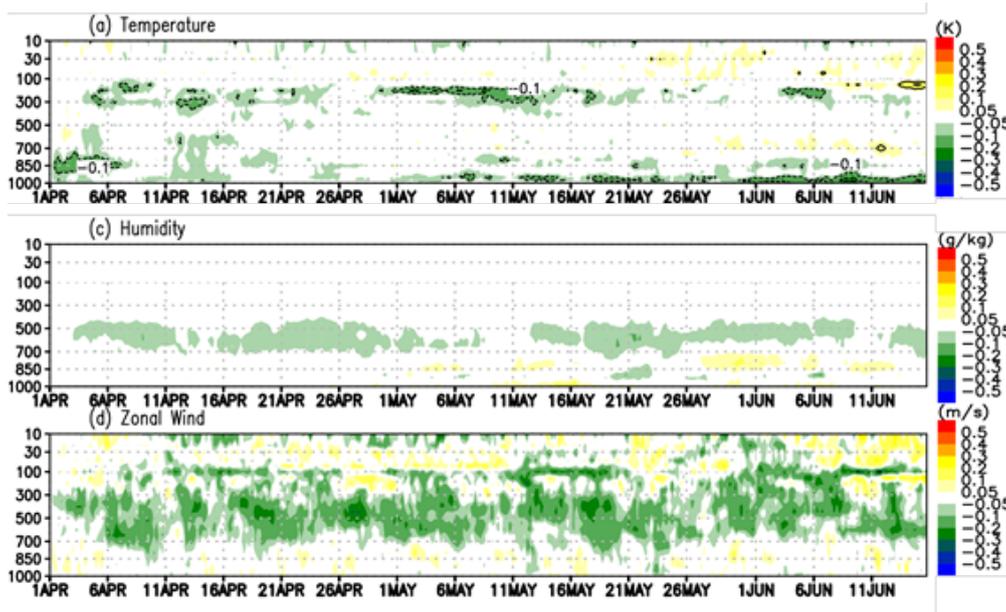


図 2 2012 年 4 月 1 日から 15 日までの (a) 気温 (K), (b) 水蒸気混合比 (g kg⁻¹), (c) 水平風 (m s⁻¹) の ERA-interim に対する平均二乗偏差 RMSD の MHS を同化した場合としない場合の差.横軸・縦軸はそれぞれ時間と気圧面 (hPa) である.負 (正) の値は,MHS を同化することで RMSD が減少 (増加) したことを示す.

Monitoring output on website (example)

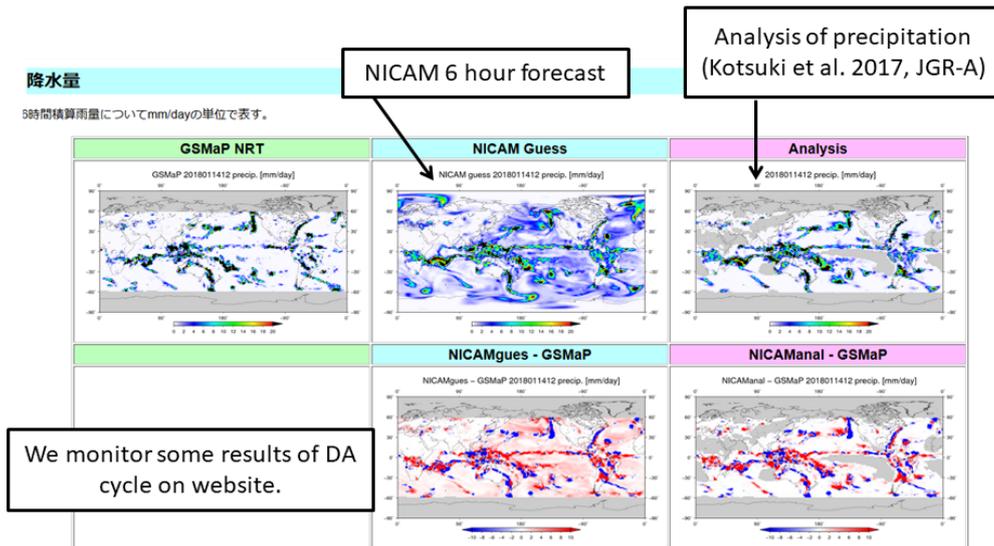


図 3 web 上に更新された, 2018 年 1 月 14 日 12UTC の NICAM-LETKF の 6 時間積算降水量比較 [mm/day]. GSMaP (左), NICAM 第一推定値(6 h 予報; 中央), Kotsuki et al. (2017a)による雨の解析値(右).

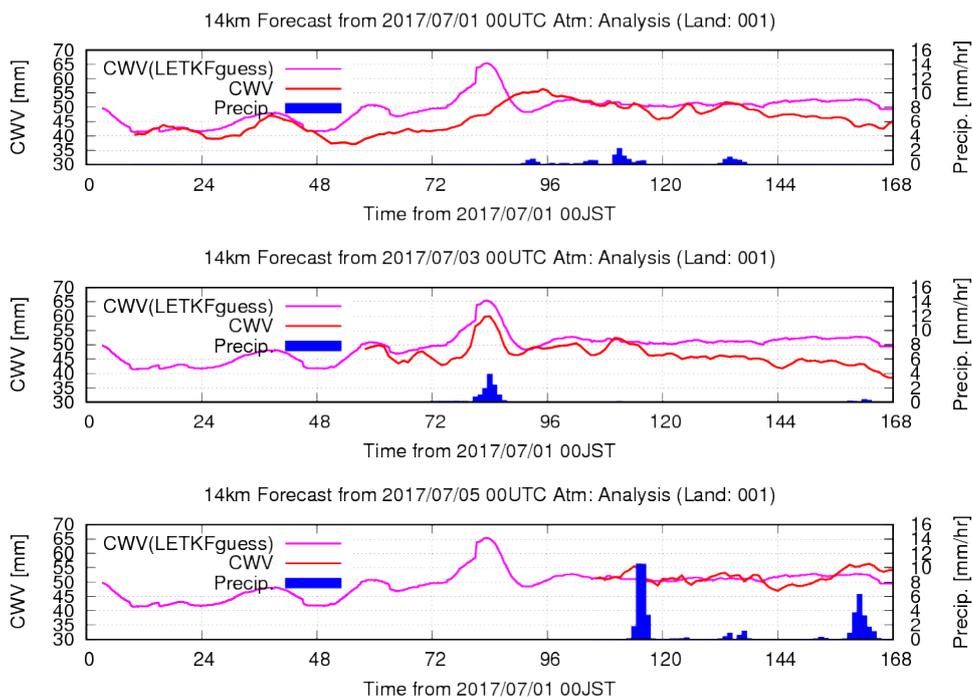


図4 異なる初期時刻から空間解像度 14km NICAM で予報した北部九州地方の降水量と可降水量時間変化。上) 2017/07/01 00UTC, 中) 2017/07/03 00UTC, 下) 2017/07/05 00UTC をそれぞれ初期時刻としたもの。赤線は NICAM 14 km 予報の可降水量 [mm], 青箱は 1 時間積算降水量 [mm/hour], 紫線は NICAM-LETKF の可降水量第一推定値 [mm] を示す。

● 成果の公表

● 査読付論文

- 1) Kotsuki S., Ota Y., and Miyoshi T., 2017b: Adaptive covariance relaxation methods for ensemble data assimilation: Experiments in the real atmosphere. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 143, 2001-2015. doi: 10.1002/qj.3060.
- 2) Terasaki, K., and T. Miyoshi, 2017: Assimilating AMSU-A Radiances with the NICAM-LETKF. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 95, 433-446, doi:10.2151/jms.j2017-028

● 招待講演

- 1) 2017/04/07 T. Miyoshi, "Data Assimilation Research at RIKEN: Toward extreme-scale computation", An examination of data assimilation algorithms, observations, and applications in the context of next-generation computing, National Science Foundation, Arlington, VA, USA.
- 2) 2017/05/22 K. Terasaki, T. Miyoshi, "Reconditioning the observation error covariance matrix in a local ensemble transform Kalman filter: experiments with Lorenz-96 model", JpGU, Makuhari
- 3) 2017/07/14 三好建正, "Big Data Assimilation" Revolutionizing Weather Prediction", 金曜日セミナー, 東京大学地震研究所
- 4) 2017/07/01 小槻峻司, 三好建正, "全球大気アンサンブルデータ同化システム NICAM-LETKF による衛星降水観測データ同化", 地震研特定共同研究(B)「データ同化」勉強会, 2017, 東京大学

- 5) 2017/07/24 T. Miyoshi, "Data Assimilation: Integrating model and measurements", South-East Asian School on Tropical Atmospheric Science (SEASTAS), Singapore
- 6) 2017/08/08 Takemasa Miyoshi, Shunji Kotsuki, Koji Terasaki, Keiichi Kondo, Guo-Yuan Lien, Masaki Satoh, Hirofumi Tomita, Eugenia Kalnay, "Enhancing Data Assimilation of GPM Observations", Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 14th Annual Meeting, Singapore
- 7) 2017/09/11 三好建正, "Data Assimilation Research at RIKEN: Numerical Weather Prediction and Beyond", Atmosphere-ocean Joint Seminar, 東京大学
- 8) 2017/11/29 三好 建正, "天気予報シミュレーションと衛星降水観測を結ぶデータ同化研究の最先端", 平成 29 年度全球降水観測計画 (GPM) シンポジウム「宇宙から見る雨~これまでの 20 年, これからの 20 年~」, 東京
- 9) 2018/02/28 小槻峻司, 黒澤賢太, 三好建正, "EFSO の現状と惑星気象研究への発展の可能性" 第 19 回惑星圏研究会, 仙台

● 口頭発表

- 1) 2017/04/13 三好 建正, "Enhancing Data Assimilation of GPM Observations", NICAM-LETKF and Satellite DA Mtg, 神戸
- 2) 2017/04/17 寺崎康児, "観測誤差相関を考慮したデータ同化手法の開発", 平成 29 年度第 1 回サブ課題 A 研究連絡会, JAMSTEC 東京事務所
- 3) 2017/04/27 S. Kotsuki, K. Terasaki, H. Yashiro, H. Tomita, M. Satoh, and T. Miyoshi, "Model Parameter Estimation Using Ensemble Data Assimilation: A Case with the Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model NICAM and the Global Satellite Mapping of Precipitation Data", The EGU General Assembly 2017, Vienna
- 4) 2017/05/21 S. Kotsuki, K. Terasaki, H. Yashiro, H. Tomita, M. Satoh, and T. Miyoshi, "Model Parameter Estimation Using Ensemble Data Assimilation: A Case with the Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model NICAM and the Global Satellite Mapping of Precipitation Data", JPGU-AGU Joint Meeting 2017, Chiba
- 5) 2017/05/25 寺崎康児, 三好建正, "非対角な観測誤差共分散行列の Reconditioning によるデータ同化の安定性について", 日本気象学会 2017 年春季大会, 東京
- 6) 2017/05/25 小槻峻司, 寺崎康児, 八代尚, 富田浩文, 佐藤正樹, 三好建正, "アンサンブルデータ同化を用いた NICAM のモデルパラメータ推定", 気象学会 2017 年春季大会, 代々木
- 7) 2017/07/10 小槻峻司, 寺崎康児, 八代尚, 富田浩文, 佐藤正樹, 三好建正, "アンサンブルデータ同化を用いた NICAM のモデルパラメータ推定", ポスト京重点課題 4 サブ課題 A・平成 29 年度第 2 回研究連絡会
- 8) 2017/07/19 Kotsuki S. and Miyoshi T., "Leading Research on Data Assimilation in Numerical Weather Prediction", AICS CAFE, 2017.
- 9) 2017/08/01 小槻峻司, 寺崎康児, 三好建正, "NICAM-LETKF を用いた GPM/DPR データ同化実験", モデル衛星連携研究会, 2017, 東京大学
- 10) 2017/08/17 三好 建正, "Enhancing Data Assimilation of GPM Observations", NICAM-LETKF and Satellite DA Mtg, 神戸

- 11) 2017/09/12 Kotsuki S., Terasaki K., and Miyoshi T., "Ensemble-Based Data Assimilation of GPM/DPR Reflectivity into the Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model NICAM", 7th International WMO Symposium on Data Assimilation, Florianópolis, Brazil
- 12) 2017/10/11 寺崎康児, 三好建正, "NICAM-LETKF の開発と観測誤差相関を考慮したデータ同化について", 理研気象庁ワークショップ, 気象庁
- 13) 2017/10/25 寺崎康児, 三好建正, "NICAM-LETKF の開発状況", NICAM 開発者会議
- 14) 2017/10/26 小槻峻司, 寺崎康児, 三好建正, "NICAM-LETKF を用いた GPM/DPR データ同化実験", 超高解像度大気モデル開発 WS
- 15) 2017/11/13 寺崎康児, Krishnamoorthy Chandramouli, 三好建正, "MHS の同化と観測誤差相関を考慮したデータ同化研究の進捗", ポスト京重点課題4 サブ課題 A 研究連絡会, JAMSTEC
- 16) 2017/11/30 三好建正, "NICAM-LETKF による衛星降水観測データ同化", PMM 国内会合, 東京
- 17) 2017/12/13 三好建正, "Enhancing Data Assimilation of GPM Observations", NICAM-LETKF and Satellite DA Mtg, 神戸
- 18) 2017/12/16 小槻峻司, 三好建正, "適応型共分散膨張法と EFSO から見るアンサンブル予報初期値への課題", 4 回アンサンブルデータ同化摂動に関する研究
- 19) 2017/12/21 小槻峻司, 寺崎康児, 三好建正, "全球大気アンサンブルデータ同化システム NICAM-LETKF による衛星降水観測データ同化", ポスト「京」重点課題4 第2回成果報告会
- 20) 2018/01/19 小槻峻司, 黒澤賢太, 三好建正, "全球大気データ同化システム NICAM-LETKF を使った EFSO 観測インパクト推定", 第8回データ同化ワークショップ, 明治大学
- 21) 2018/02/01 小槻峻司, 黒澤賢太, 三好建正, "全球大気データ同化システム NICAM-LETKF を使った EFSO 観測インパクト推定", 第8回理研・京大合同データ同化研究会, 神戸
- 22) 2018/03/05 Kotsuki S., Terasaki K., and Miyoshi T.: Ensemble-Based Data Assimilation of GPM/DPR Reflectivity into the Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model NICAM. 6th International Symposium on Data Assimilation, Ludwig-Maximilians-Universität, Munich, Germany
- 23) 2017/10/26 金丸佳矢, 佐藤正樹, 寺崎康児, 小槻峻司, 三好建正, 久保田拓志「JSS2 を用いた NICAM-LETKF の準リアルタイム処理のシステム開発および利用」超高解像度大気モデル開発ワークショップ(NICAM 開発者会議 2017), 淡路

● ポスター発表

- 1) 2017/05/20 K. Terasaki, S. Kotsukji, T. Miyoshi, "Two-year analysis experiments with NICAM-LETKF", JpGU-AGU Joint Meeting 2017, Makuhari
- 2) 2017/05/26 近藤圭一, 三好建正, "NICAM-LETKF を用いたマルチスケールデータ同化", 日本気象学会 2017 年度春季大会, 東京
- 3) 2017/09/11 Kotsuki S., Ota Y., and Miyoshi T., "Adaptive covariance relaxation methods for ensemble data assimilation based on innovation statistics", 7th International WMO Symposium on Data Assimilation

- 4) 2017/09/25 小槻峻司,寺崎康児,八代尚,富田浩文,佐藤正樹,三好建正,“アンサンブルデータ同化を用いた全球大気モデル NICAM のモデルパラメータ推定”,第2回 理研データ同化ワークショップ
- 5) 2017/09/25 寺崎康児,三好建正,“NICAM-LETKF システムを用いた衛星データ同化”,第2回理研データ同化ワークショップ,神戸
- 6) 2017/12/21 三好建正,大塚成徳,寺崎康児,Guo-Yuan Lien,小槻峻俊司,本田匠,前島康光,岡崎淳史,坂本英之,“観測ビッグデータ同化実現に向けた取り組み”,重点課題4 成果報告会,気象庁
- 7) 2018/02/07 Terasaki, K., and Miyoshi T., Accounting for the observation error correlation in data assimilation. AICS international symposium
- 8) 2018/02/08 Kotsuki S., Kurosawa K., and Miyoshi T.: Ensemble Forecast Sensitivity to Observations Verified with Multiple References. The 8th AICS International Symposium, RIKEN-AICS, Kobe, Japan
- 9) 2018/02/19 Kotsuki S., Kurosawa K., and Miyoshi T.: Ensemble Forecast Sensitivity to Observations Verified with Multiple References. RIKEN International Workshop on Uncertainty Quantification (UQWS), RIKEN-AICS, Kobe, Japan
- 10) 2018/03/05 Kotsuki S., Greybush S. J., and Miyoshi T.: On the assimilation order of the serial ensemble Kalman filter: A study with the Lorenz-96 model. 6th International Symposium on Data Assimilation, Ludwig-Maximilians-Universitat, Munich, Germany
- 11) 2018/03/05 Kotsuki S., Kurosawa K., and Miyoshi T.: Ensemble Forecast Sensitivity to Observations Verified with Multiple References. 6th International Symposium on Data Assimilation, Ludwig-Maximilians-Universitat, Munich, Germany
- 12) 2017/10/17 Kaya Kanemaru, Masaki Satoh, Koji Terasaki, Shunji Totsuki, Takemasa Miyoshi, and Takuji Kubota : A Near-Real-Time System of NICAM-LETKF Assimilating GSMaP, 2017 PMM Science Team Meeting, San Diego
- 13) 2017/11/01 金丸佳矢,佐藤正樹,寺崎康児,小槻峻司,三好健正,久保田拓志「JAXA スパコン(JSS2)を用いた NICAM-LETKF の準リアルタイムシステムの開発」 日本気象学会,北海道

● Web 上の研究成果の URL

- 1) <http://www.data-assimilation.riken.jp/nicam-letkf/index.html>
- 2) <http://cesdweb.aori.u-tokyo.ac.jp/~nicam/index.html>

● JSS2 利用状況

● 計算情報

プロセス並列手法	MPI
スレッド並列手法	OpenMP
プロセス並列数	2 - 640
1 ケースあたりの経過時間	10.00 時間

● 利用量

総資源に占める利用割合^{※1} (%) : 6.38

内訳

計算資源		
計算システム名	コア時間(コア・h)	資源の利用割合 ^{※2} (%)
SORA-MA	50,782,484.98	6.70
SORA-PP	28,731.17	0.36
SORA-LM	66.93	0.03
SORA-TPP	0.00	0.00

ファイルシステム資源		
ファイルシステム名	ストレージ割当量(GiB)	資源の利用割合 ^{※2} (%)
/home	1,449.59	1.00
/data	557,022.35	10.30
/ltmp	9,765.63	0.74

アーカイバ資源		
アーカイバシステム名	利用量(TiB)	資源の利用割合 ^{※2} (%)
J-SPACE	18.41	0.79

※1 総資源に占める利用割合：3つの資源(計算, ファイルシステム, アーカイバ)の利用割合の加重平均

※2 資源の利用割合：対象資源一年間の総利用量に対する利用割合