

「平成30年7月豪雨に関する緊急対応研究会」の報告

小 槻 峻 司*1・寺 崎 康 児*2・新 保 明 彦*3・坂 本 雅 巳*4
 藤 田 匡*5・津 口 裕 茂*6・北 畠 尚 子*7・竹 見 哲 也*8
 高 藪 縁*9・金 丸 佳 矢*10・鼎 信次郎*11・中 村 尚*12
 富 田 浩 文*13・三 好 建 正*14

1. 概要

平成30年7月豪雨は、西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的豪雨をもたらした。歴史的な災害となった。この気候的背景や成因、メカニズム、予測可能性、予測情報の伝達や活用方法等について、科学的に深く分析、理解し、将来の豪雨災害の備えに活かしていくことは、科学者の重要な責務である。

本会合は、気象学者による最初の緊急対応として、

豪雨発生後約1ヶ月のタイミングで、これまでの調査分析の結果を持ち寄り、特に気候的背景や成因、メカニズム、予測可能性に関する科学的な議論を深めることを目的として、発起人（第1表）の呼びかけにより開催された。当初50名程度の参加を想定していたが、これを大幅に超える106名が参加した（第1図）。大学や研究機関からの参加が多く、ほかに防災士・気象予報士3名、企業から7名、気象庁を除く行政機関から1名、報道機関から3名が参加し、広く関心を集めた（第2図）。

気象庁、気象研究所、理化学研究所、大学、一般の気象予報士から、口頭12件（各20分）、ショートト

*1 (連絡責任著者) Shunji KOTSUKI, 理化学研究所計算科学研究センター。

〒650-0047 兵庫県神戸市中央区港島南町7-1-26。

*2 Koji TERASAKI, 理化学研究所計算科学研究センター。

*3 Akihiko SHINPO, 気象庁気候情報課。

*4 Masami SAKAMOTO, 気象庁数値予報課。

*5 Tadashi FUJITA, 気象庁数値予報課。

*6 Hiroshige TSUGUTI, 気象庁気象研究所。

*7 Naoko KITABATAKE, 気象庁気象大学校。

*8 Tetsuya TAKEMI, 京都大学防災研究所。

*9 Yukari TAKAYABU, 東京大学大気海洋研究所。

*10 Kaya KANEMARU, 東京大学大気海洋研究所。

*11 Shinjiro KANAE, 東京工業大学環境・社会理工学院。

*12 Hisashi NAKAMURA, 東京大学先端科学技術センター。

*13 Hirofumi TOMITA, 理化学研究所計算科学研究センター。

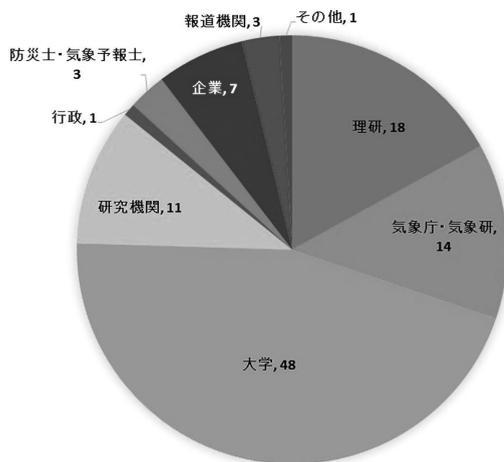
*14 Takemasa MIYOSHI, 理化学研究所計算科学研究センター。

第1表 発起人の一覧。

発起人	所属
三好建正 (代表)	理化学研究所
富田浩文 (共同代表)	理化学研究所
沖 理子	JAXA
佐藤 薫	東京大学
佐藤正樹	東京大学
清野直子	気象研究所
高藪 縁	東京大学
竹見哲也	京都大学
坪木和久	名古屋大学
中村 尚	東京大学
新野 宏	東京大学
堀之内 武	北海道大学
増永浩彦	名古屋大学
渡部雅浩	東京大学



第1図 参加者集合写真, 研究会会場にて.



第2図 参加者の内訳. 表中の数字は各参加人数を示す.

ク9件(各5分), ポスター20件の発表が行われた(第2, 3, 4表). 現業機関である気象庁からは全球・領域数値天気予報モデルによる平成30年7月豪雨の予測結果が紹介された. また, 今回の豪雨を引き起こしたメカニズムについて, 大規模な惑星大気システム・局所的な降水システムなど, 幅広い観点から議論された. このほか, 平成30年7月豪雨の成因・特徴について, 気象庁の異常気象分析検討会による検討結果を踏まえ, 気象庁がとりまとめた見解が紹介された.

総合討論では, 今回の豪雨の解明に向けて, 大規模から小規模スケールを含むシームレスな気象予測の重要性と課題, また予測可能性について包括的な議論が行われた. 観測・モデリング・予測可能性・データ同化・災害予測等, 様々な研究者が協力して取り組むべきであり, 気象学の枠組みを越えて, 土木・水文分野との研究協力の重要性も指摘された. 観測や数値天気

予報等のデータ共有方法にも課題があり, 多くの研究者が共同して取り組むためのインフラ・環境の整備についても議論があった.

本稿では, 2018年8月17日に理化学研究所計算科学研究センターで開催された, 本研究会の各講演や議論について報告する. なお, 当日のプログラムや様子については, 研究会のウェブページも併せて参照いただきたい (http://www.data-assimilation.riken.jp/jp/events/h30july_heavy_rain/2018.12.10閲覧).

2. 講演の概要

まず新保明彦(気象庁)から, 平成30年7月豪雨の概要が紹介された. 気象庁の地域気象観測システム(AMeDAS)による観測データによると, 7月上旬の全国総降水量は1982年以降で最も多かったこと, 特に2-3日間の積算降水量が記録的に多い地域が, 西日本から東海地方を中心に広い範囲に広がっていたことが特徴的であった. 7月5日から8日にかけての西日本を中心とした記録的な大雨の気象要因について, (1) 多量の水蒸気を含む2つの気流が西日本付近で持続的に合流, (2) 梅雨前線の停滞・強化などによる持続的な上昇流の形成, (3) 局地的な線状降水帯の形成の3つを指摘するとともに, ユーラシア大陸上のジェット気流に沿った準定常ロスビー波の波束伝播とその影響を示した. 最後に, 今回の豪雨には, 地球温暖化に伴う大気中の水蒸気量の増加の寄与もあったと考えられるとの気象庁・異常気象分析検討会の見解が示された.

坂本雅巳(気象庁)からは, 気象庁の全球モデル(GSM)と全球アンサンブル予報システム(GEPS)による予測結果が紹介された. 台風第7号の進路予測は, 当初は朝鮮半島を通過する予測であったが, 7月1日00UTC初期値から, ベストトラック同様に対馬

第2表 研究会のプログラム（午前）。

時間	講演者	内容
09:00-09:10	三好建正 (理化学研究所)	趣旨説明
09:10-09:30	新保明彦 (気象庁気候情報課)	平成30年7月豪雨をもたらした循環場と気象庁全球アンサンブル予報システムによる予測
09:30-09:50	坂本雅巳 (気象庁数値予報課)	気象庁の全球モデル (GSM) と全球アンサンブルシステム (GEPS) の予測結果
09:50-10:10	藤田 匡 (気象庁数値予報課)	気象庁のメソモデル (MSM), 局地モデル (LFM), メソアンサンブル予報システム (MEPS) の予測結果
10:10-10:30	津口裕茂 (気象庁気象研究所)	「平成30年7月豪雨」における線状降水帯の寄与と個々の線状降水帯の特徴
10:30-10:50		休憩
10:50-11:10	北島尚子 (気象庁気象大学校)	2018年7月5～8日の豪雨におけるメソ α スケールの変化
11:10-11:30	竹見哲也 (京都大学)	平成30年7月豪雨に係わる大気環境条件のメソスケール解析
11:30-11:50	高薮 緑 (東京大学)	2018年7月豪雨の降水特性と後方の上層トラフの効果について
11:50-12:10	金丸佳矢 (東京大学)	JAXA 版アンサンブル再解析データを用いた高解像度全球アンサンブル予報の結果

海峡を抜ける予測に修正された。この初期時刻からの台風進路予測改善は、世界の他の現業数値予報センターでも同様であった。また、西日本の豪雨の最盛期である7月6-7日の大雨は、7月5日00UTC以降の初期値から発生する場所が予測できていたことが紹介された。

藤田 匡 (気象庁) からは、気象庁のメソモデル (MSM), 局地モデル (LFM), メソアンサンブル予報システム (MEPS, 2019年6月現業化予定) の予測結果が紹介された。特に豪雨最盛期 (7月6-8日) に注目した事例解析の結果が紹介され、MSM, LFM 共に九州北部と広島付近の降水強化を精度良く予測していたことが紹介された。また本事例では、水平分解能が細かい LFM が MSM よりも実況に近い強雨を表現していたことが報告された。これら領域モデルの結果は、東シナ海で活発化していた対流により大気下層の水蒸気が持ち上げられ、それが九州北部をはじめ西日本を中心に流れ込むとともに、太平洋高気圧の縁からも大気下層の水蒸気が流れ込んだのではないかと、この分析を支持するものであった。

津口裕茂 (気象研究所) からは、豪雨に対する線状降水帯の寄与と個々の線状降水帯の特徴が紹介された。今回の豪雨では、多いところで総降水量の65%程

度が線状降水帯によりもたらされていた。線状降水帯が発生していた地域では、激しい降水が持続した時間帯があり、周囲に比べて総降水量が多くなったところもあった。ただし、昨年 (2017年) 発生した「平成29年7月九州北部豪雨」と比較すると、今回の豪雨ではより広範囲で大雨になった一方、線状降水帯の総降水量に対する割合は小さかった。また、各線状降水帯が形成された環境場の調査を開始し、例えば、広島では豊後水道からの水蒸気供給によって、バックビルディング型の線状降水帯が形成されていたことが紹介された。

北島尚子 (気象大学校) からは、豪雨期におけるメソ α スケールの気象場変化について紹介された。まず観測された降水量の記録から、今回の豪雨では特に2, 3日スケールの積算降水量が記録的に多かった点が指摘された。また、7月5-8日の西日本の豪雨が3つのステージに分けられるのではないかと、という考えを示した。第1ステージ (7月5日03-09JST頃) では、オホーツク海高気圧の発達によって日本海側の下層の気温が低下した。そのため、豪雨域の水平温度傾度が増大し、南西からの暖気移流を強めていた。第2ステージ (7月6日09JST-7月7日21JST頃) では、上層 (200 hPa) 負渦度の強化とトラフ (正渦度

域)の接近時に降水が特に強まっていた。第3ステージ(7月7日21JST-7月8日15JST頃)では、大規模雲域が通過後の、200 hPa トラフの底で、小スケールの対流雲システムが発生していた。これらの個々のイベントの解明に加え、前後のイベントの関連を解明することが今後の重要な研究課題との考えが示された。

竹見哲也(京都大)からは、大気環境条件のメソスケール解析結果が紹介された。過去の解析雨量を利用した解析により、暖候期の準停滞性降水系は九州から四国で多く見られることが紹介された。また、過去のMSM解析値を使った環境場の調査により、対流圏中層(300-700 hPa)の相対湿度と水平風鉛直シアが組

織化要因として大きいことが示された。今回の豪雨の事例では、対流有効位置エネルギー(CAPE)はそれほど高くないが、可降水量や対流圏中層の相対湿度が高い状態が続いていたことが指摘された。また、大量の水蒸気が中国大陸からではなく、南シナ海からもたらされている点が特徴的であると報告された。今回の豪雨の中で見られた線状降水帯の形成を決定づけるのに、バルクリチャードソン数が鍵になるのではないかと、との見解が示された。

高藪 縁(東京大)からは、豪雨の降水特性と対流圏上層トラフの効果についての解析が紹介された。衛星観測降水レーダー TRMM 観測データを用いた極端降雨と極端対流(雨雲の高さが高い対流)の環境場

第3表 研究会のプログラム(午後)。

時間	講演者	内容
13:00-13:20	富田浩文 (理化学研究所)	平成30年7月豪雨前の総観規模擾乱の役割
13:20-13:40	三好建正 (理化学研究所)	理研での予測結果: 全球 NICAM, 領域 SCALE, ナウキャスト
13:40-14:00	鼎 信次郎 (東京工業大学)	高梁川・肱川流域に着目した平成30年7月豪雨に関する水文学的考察
14:00-14:20	中村 尚 (東京大学)	豪雨をもたらした大気循環異常と豪雨への海洋の影響
14:20-	ショートトーク(各5分)	
15:05	田中健路 (広島工業大学)	平成30年7月豪雨における広島地域の局地的な気象場の特徴
	増田善信	地球温暖化による鉛直安定度の悪化による集中豪雨とブロッキングに伴う同様な気圧配置の継続が同時に発生したことによる被害の増幅
	立花義裕 (三重大学)	前線の北上を阻んだオホーツク海高気圧が発達した理由〜二つの仮説とその検証〜
	豊嶋紘一 (千葉大学)	国交省河川局雨量計データのグリッド化プロダクト作成と、西日本豪雨事例について
	若月泰孝 (茨城大学)	上流下層加湿法による豪雨の短時間予測実験
	谷田貝亜紀代 (弘前大学)	APHRO_JPによる対象期間の降水分布特性および水蒸気輸送との関係
	佐藤晋介 (情報通信研究機構)	神戸フェーズドアレイ気象レーダーで観測された豪雨の3次元構造
	篠田太郎 (名古屋大学)	平成30年7月豪雨をもたらした水蒸気場の特徴
	沖 理子 (JAXA)	衛星観測からわかる平成30年7月豪雨の特徴
15:05-15:25		休憩
15:25-16:00		ポスター発表
16:00-18:00		総合討論

を比較した既往研究が紹介され、今回の豪雨が極端降雨の環境場とよく似ていることが指摘された。今回の豪雨の事例では、朝鮮半島から日本海のトラフの効果が、深く持続している点が指摘された。また、平成29年の九州北部豪雨の際には上層の寒気移流による不安定化が要因であったのに対し、7月豪雨では気候値よりむしろ安定な環境場であった。しかし、深いトラフ

前面での力学的2次循環の上昇流による中層の湿潤化によって豪雨に繋がったのではないかと、この見解が示された。

金丸佳矢（東京大）からは、JAXA版アンサンブル解析データ（NEXRA）を用いた高解像度全球アンサンブル予測の結果が紹介された。解像度依存性を調査し、高解像度モデルの予測により降水の予測可能性

第4表 ポスター発表一覧。

発表者	内容
田中健路 (広島工業大学)	平成30年7月豪雨における広島地域の局地的な気象場の特徴
増田善信	地球温暖化による鉛直安定度の悪化による集中豪雨とブロッキングに伴う同じような気圧配置の継続が同時に発生したことによる被害の増幅
立花義裕 (三重大学)	前線の北上を阻んだオホーツク海高気圧が発達した理由～二つの仮説とその検証～
豊嶋紘一 (千葉大学)	国交省河川局雨量計データのグリッド化プロダクト作成と、西日本豪雨事例について
若月泰孝 (茨城大学)	上流下層加湿法による豪雨の短時間予測実験
谷田貝亜紀代 (弘前大学)	APHRO_JPによる対象期間の降水分布特性および水蒸気輸送との関係
佐藤晋介 (情報通信研究機構)	神戸フェーズドアレイ気象レーダーで観測された豪雨の3次元構造
山地萌果 (JAXA)	衛星観測からわかる平成30年7月豪雨の特徴
山浦 剛 (理化学研究所)	平成30年7月豪雨におけるオホーツク海高気圧の役割
末木健太 (理化学研究所)	平成30年7月豪雨における降水特性の地域差～広島と兵庫の比較～
発田あずさ (気象予報士)	2018年7月6日早朝時点での豪雨の予測可能性について
瀬古 弘 (気象庁気象研究所)	301メンバーのメソアンサンブル予報を用いた平成30年7月豪雨の解析
大泉 伝 (JAMSTEC)	平成30年7月豪雨の広領域高解像度再現実験
伊藤純至 (東京大学)	平成30年7月豪雨の環境における線状降水帯の理想実験
星野 剛 (北海道大学)	平成30年7月豪雨における北海道および西日本での降雨量とその要因の分析
本田 匠 (理化学研究所)	準リアルタイム SCALE-LETKF システムによる平成30年7月豪雨の予測
大塚成徳 (理化学研究所)	神戸 PAWR および GPM/DPR で観測された平成30年7月豪雨の降水システム
前島康光 (理化学研究所)	フェーズドアレイ気象レーダーを同化した平成30年7月豪雨の高解像度シミュレーション
寺崎康児 (理化学研究所)	NICAM-LETKF を用いた水平解像度による豪雨の再現性について
小槻峻司 (理化学研究所)	平成30年7月豪雨の予測可能性: NICAM-LETKF を用いた100アンサンブル予測実験

が向上する可能性が指摘された。NEXRA は100メンバーでアンサンブル同化・予報サイクルを継続しており、これらの初期値を用いたアンサンブル予測も可能である。初期値の時点で大気下層の水蒸気場の再現性が悪いアンサンブルメンバーは、その後の強雨予測域の推定精度が悪いことが紹介された。

富田浩文（理研）からは、総観規模擾乱の役割についての解析結果が紹介された。台風7号、温帯低気圧、太平洋高気圧、台風8号、中国東部低気圧、オホーツク海高気圧等、今回の豪雨との関連が深そうな要因が提起された。これらの要因は、豪雨に繋がった要因か、豪雨によって引き起こされた結果であるかは現時点では不明であり、今後それらの寄与を定量化していく必要がある。また、今回の豪雨に先立ち、6月25-26日に中国・黄海で発生して日本海を東進した低気圧が、西日本域の水蒸気量を増加させていたのではないか、という可能性を述べた。

三好建正（理研）からは、理研・計算科学研究センターの予測結果が紹介された。全球天気予報システムNICAM-LETKFの予測結果からは、7月6-7日の西日本の豪雨が、7月3日12UTC頃から予測されていたことが示された。各アンサンブルメンバーの降水予測と大気場の相関解析からは、7月7日00UTCにかけて梅雨前線上で成長した低気圧の発達を予測できていたか否かが、豪雨の予測精度に重要であることが示された。またNICAM-LETKFシステムで同化されている観測データのインパクトを推定した結果が紹介され、東シナ海～九州にかけてのラジオゾンデ観測が、豪雨期の大気場の予測精度向上に大きく貢献していたことが示された。続いて、日本を含む東アジア領域の天気予報システムSCALE-LETKFの予測結果が紹介された。領域システムでも同様に、7月3日00-12UTCの同化によって、7月6日の豪雨予測精度が大きく向上したことが紹介された。上述の同化時刻には、九州西部に台風があり、同化によりこの台風の進路予報が改善されていた。また、台風から変化した低気圧の強度や、東シナ海の低気圧性循環の強度が、西日本の豪雨と強い相関を持つことが指摘された。最後に、豪雨期間中に神戸のフェーズドアレイ気象レーダー（PAWR）により観測されていた現象やPAWR ナウキャストの予測結果が紹介された。神戸では比較的背の低い層状性の降水が続いていたことや、層状性降水の中に対流性のセルが含まれている等、シームレスな構造を持つ降水システムであったと

の観測結果が紹介された。

梶 信次郎（東京工業大）からは、高梁川・弘川流域に着目した平成30年7月豪雨に関する土木・水文学的考察が紹介された。まず、今回の豪雨の規模としては、1972年以来の大水害であったこと、場所によっては500年に一度の大洪水であったとの見解が示された。また、洪水の直接の原因となる大雨は、1日以内の時間スケールのものであった、との見解が示された。今回特に顕著な洪水のあった岡山県真備町は、全国のハザードマップで見ても、大きな被害の生じる可能性の高い場所であったこと、それなりに大きい洪水が過去にもあったことが紹介された。その上で、防災の観点から重要なことは、降水量の多少のみならず、その降水量がその流域でどの程度顕著なイベントであったのか、つまり、イベントの異常度が重要であると指摘された。

中村 尚（東京大）からは、豪雨をもたらした大気循環や、豪雨・猛暑への海洋の影響等、気象庁異常気象分析検討会の見解が紹介された。今回のイベントでは西日本域の豪雨のみが強調されがちであるが、直前に北海道でも記録的豪雨があったことがまず指摘された。今回の顕著事例の成因の第1波として、6月下旬に停滞性ロスビー波列の伝播（シルクロード・パターン）により太平洋高気圧が異常発達し、関東甲信地方の史上最早の梅雨明けと梅雨前線の異常な北上をもたらした。その後、太平洋高気圧の弱まりとともに梅雨前線が南下する一方、寒帯前線ジェットのスネ行によりオホーツク海高気圧が非常に発達した。続く第2波として、シルクロード・パターンによる太平洋高気圧の再強化により前線が停滞し続け、豪雨が長期化した。さらに第三波により亜熱帯ジェットのスネ型の蛇行パターンが解消され、太平洋・日本（PJ）パターンの影響も加わって太平洋高気圧がさらに発達し、北陸以西の梅雨明けとその後の持続的猛暑に繋がった、との見解が示された。

その他、9件のショートトークとポスター発表20件があった。地上・衛星観測データの解析結果や、数値天気予報モデルによる予測やスキームの改良、データ同化システムによる予測精度向上に向けた取り組み等、幅広い観点からの議論が行われ、この豪雨が研究分野間で広く連携して研究を更に進める必要がある点が改めて認識された。

3. 総合討論の概要

総合討論ではまず、大規模スケールから小規模スケールまでのシームレスな予報をどの様に実現していくべきか、との観点から議論が始められた。今回の豪雨では、気象庁や理研の予測結果でも見られたように、大規模スケールの降水はある程度予測できていた。その上で、どこでどの様に降水現象が発生するか、というメソ現象の予測精度にまだ改善の余地があるとの指摘がなされた。実際、気象庁の予測結果は、MSMでもLFMでも、広島での豪雨予測は不完全であった。ただし、モデルの不完全性による予測可能限界と、仮に完全なモデルが存在したとしてもカオス性に起因する予測可能限界があり、両者の議論は切り分けて行う必要がある。

実際に防災に直結する河川洪水予測に求められる降水予測精度を、現状の数値天気予報はどこまで提供できるのか、という観点での議論も展開された。防災の観点では、例えば河川流量がある閾値を超えるか否かという議論が必要である。その観点では、アンサンブル平均などの平滑化された降水予報よりも、気象庁のMEPSのような、アンサンブル予測を用いた確率的予測が有効である。今後、これらのメソアンサンブル予測結果を、積極的に活用していくための取り組みが必要である。

数値天気予報が一步ずつ前進していく中で、実際の防災・減災に繋げるためにはどのような活動・枠組みが必要なのか、という点も議論された。また、市民の持つ疑問に答えるため、このような顕著事例はまた起こりえるのか、地球温暖化が実際にどう関わっているのか、といった点を、気象学者が共同して明らかにしていく必要があろう。

非常に顕著な事例であった平成30年7月豪雨は、惑星規模の波動システムから、局所的な降水システムまで様々な研究課題を提起した。これまでの気象学研究では、それぞれの現象スケール毎に別々の研究コミュニティが形成されてきた傾向があるが、今回の事例は複数の分野・現象を専門とする研究者が連携して研究を行うことの重要性を提起するとともに、これを実行する土台ともなり得る。本事例に関わる様々なデータを共有することも重要であり、データ共有のためのインフラ整備も含め、気象学者が協力して研究を進める機会とすべきであると確認された。

4. まとめ

今回の研究会で、甚大な被害をもたらした平成30年7月豪雨が起ってから1ヶ月という短期間に各所で急速に進められた様々な研究の情報を持ち寄り、議論できたことは、今後の研究の方向性等を考える上で大変有意義であった。本会によって、気象学者らが速やかな情報交換を行う目的は十分に果たされたため、検討していた9月の2回目の研究会は開催しないこととした。この後、日本気象学会は、英文論文誌（気象集誌・SOLA）において今回の豪雨にフォーカスした特別号の刊行を企画するほか、今秋以降に関連する研究会等を主催・共催する予定である。研究者らはさらに研究を進め、成果をまとめていくとともに、気象防災に対して貢献していくことが期待される。

略語一覧

AMeDAS : Automated Meteorological Data Acquisition System 地域気象観測システム
 CAPE : Convective Available Potential Energy 対流有効位置エネルギー
 GEPS : Global Ensemble Prediction System 気象庁・全球アンサンブル予報システム
 GSM : Global Spectral Model 気象庁・全球スペクトルモデル
 JAXA : Japan Aerospace eXploration Agency 宇宙航空研究開発機構
 JST : Japan Standard Time 日本標準時
 LETKF : Local Ensemble Transform Kalman Filter 局所アンサンブル変換カルマンフィルタ
 LFM : Local Forecast Model 気象庁・局地予報モデル
 MEPS : Meso-scale Ensemble Prediction System 気象庁・メソアンサンブル予報システム
 MSM : Meso-Scale Model 気象庁・メソモデル
 NEXRA : NICAM-LETKF JAXA Research Analysis JAXA版NICAM-LETKF研究解析プログラム
 NICAM : Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model 非静力学正20面体格子大気モデル
 PAWR : Phased Array Weather Radar フェーズドアレイ気象レーダー
 SCALE : Scalable Computing for Advanced Library and Environment 次世代気象気候科学における基盤ライブラリー
 TRMM : Tropical Rainfall Measuring Mission 熱帯降雨観測衛星
 UTC : Coordinated Universal Time 協定世界時