

令和3年度 予報技術研修テキスト

令和3年度予報技術研修テキスト

発達する熱帯低気圧に関する 予報の高度化

令和4年3月

気象庁大気海洋部気象リスク対策課
アジア太平洋気象防災センター

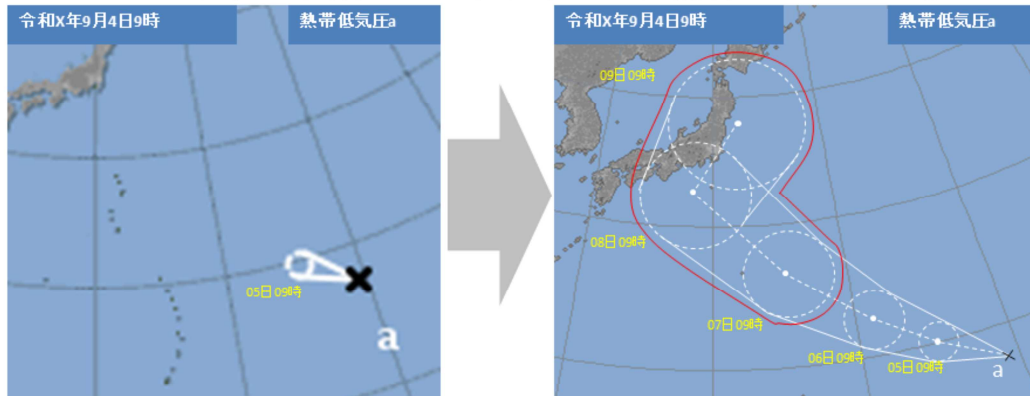
令和2年9月9日に、24時間以内に台風に発達すると予想される熱帯低気圧について進路と強度の予報を1日先までから5日先までに延長した。ここではその背景や目的、情報の変更についてまとめ、発達する熱帯低気圧と台風の進路予報の信頼度を示す予報円の特徴を示す。

内容

- 背景
- 目的
- 発達する熱帯低気圧に関する5日予報の開始に伴う台風に関する情報の変更
- 進路予報の不確実性
- 積算スプレッドと予報円の例
- まとめ

目的

- 令和2年9月9日から、24時間以内に台風が発達すると予想される熱帯低気圧(発達する熱帯低気圧)について、進路と強度の予報を5日先まで行うことにした(それ以前は1日先まで)
- 日本近海で台風になって日本へ接近する場合でも、台風接近時の防災行動計画(タイムライン)に沿った防災関係機関等の対応を、これまでより早い段階からより効果的に支援することが可能となる



令和3年度予報技術研修テキスト「発達する熱帯低気圧に関する予報の高度化」

4

「防災気象情報の伝え方に関する検討会」による提言に基づいて、発達する熱帯低気圧に関する5日先までの予報を始めることになった。目的は、日本に台風が接近するときの防災行動計画に沿った防災関係機関等の対応をこれまでより早い段階から効果的に支援することである。

実際に5日先までの予報を発表したのは、令和2年9月15日15時に熱帯低気圧が台風第11号に発達すると予報したとき(このときは96時間後に熱帯低気圧に変わると予報)。24時間以内に熱帯低気圧が台風が発達し5日先までの進路と強度を最初に発表したのは、令和2年10月14日21時に台風第14号への発達を予報したとき。

気象庁が発表する台風に関する気象情報

- 「台風に関する気象情報」(全般台風情報)
 - 台風が発生したときや、台風が日本に影響を及ぼすおそれがあるか、すでに影響を及ぼしているときに発表
- 「発達する熱帯低気圧に関する情報」
 - 今後台風が発達すると予想される熱帯低気圧が日本に影響するおそれがある場合に発表
- それぞれの情報について「位置情報」と「総合情報」がある
 - 「位置情報」
 - 台風や発達する熱帯低気圧の実況と予想など
 - 「総合情報」
 - 台風や発達する熱帯低気圧の見通し、予想雨量など防災にかかわる情報や災害への留意点、台風の発生や上陸の情報など

令和3年度予報技術研修テキスト「発達する熱帯低気圧に関する予報の高度化」

5

気象庁が発表する台風に関する気象情報には、「台風に関する気象情報」と「発達する熱帯低気圧に関する情報」があり、それぞれ中心位置、中心気圧、最大風速、最大瞬間風速などの実況と予想を示す「位置情報」と、台風や熱帯低気圧に対する防災情報や発生、上陸などの実況を示す「総合情報」がある。

令和2年9月に実施した情報の変更

- 発達する熱帯低気圧に関する情報(位置情報)
 - 対象を24時間後までから72時間後までに延長
 - ただし、72時間後までに温帯低気圧や熱帯低気圧に変わると予想される場合はその直後の予報時間まで
 - 以前の対象は24時間後まで

発達する熱帯低気圧に関する情報 第01の01号
令和3年7月16日22時15分 気象庁発表

(見出し)
熱帯低気圧が今後24時間以内に台風に発達する見込みです。

(本文)

16日21時の観測によると、熱帯低気圧がフィリピンの東の北緯19度10分、東経135度00分において、1時間におよそ15キロの速さで北へ進んでいます。中心の気圧は1004ヘクトパスカル、最大風速は15メートル、最大瞬間風速は23メートルとなっています。

熱帯低気圧は今後24時間以内に台風となる見込みで、その中心は、**24時間後の17日21時には**日本の南の北緯21度20分、東経133度35分を中心とする半径150キロの円内に達する見込みです。中心の気圧は1000ヘクトパスカル、中心付近の最大風速は18メートル、最大瞬間風速は25メートルが予想されます。

台風の中心は、**48時間後の18日21時には**南大東島近海の北緯23度30分、東経132度00分を中心とする半径240キロの円内に達する見込みです。中心の気圧は990ヘクトパスカル、中心付近の最大風速は25メートル、最大瞬間風速は35メートルが予想されます。

72時間後の19日21時には南大東島近海の北緯24度55分、東経129度50分を中心とする半径370キロの円内に達し、強い台風になる見込みです。中心の気圧は970ヘクトパスカル、中心付近の最大風速は35メートル、最大瞬間風速は50メートルが予想されます。予報円の中心から半径440キロ以内では風速25メートル以上の暴風域に入るおそれがあります。

なお、熱帯低気圧や台風の中心が予報円に入る確率は70%です。

今後の情報にご注意下さい。

令和2年9月に発達する熱帯低気圧に関する情報を変更し、位置情報の対象をそれまでの24時間後から72時間後までに延長した。ここに示した例のように、位置情報には実況(7月16日21時)の中心位置や中心気圧、最大風速に続いて、24時間後(17日21時)、48時間後(18日21時)、72時間後(19日21時)の中心位置と予報円、中心気圧、最大風速を示している。

令和2年9月に実施した情報の変更

- 発達する熱帯低気圧に関する情報(総合情報)
 - 新たに発達する熱帯低気圧に関する情報を追加
 - 以前は台風になってから発表していた
 - 5日予報に基づいた防災事項の見通しを記述

発達する熱帯低気圧に関する情報 第01の06号
令和3年7月17日17時17分 気象庁発表

(見出し)

熱帯低気圧から変わる台風が、18日から21日頃にかけて沖縄地方に接近する可能性があります。沖縄地方では19日は非常に強い風が吹き、大しけとなる見込みです。

(本文)

[気圧配置など]

17日15時には、熱帯低気圧が日本の南にあって、1時間におよそ15キロの速さで北北西へ進んでいます。中心の気圧は1000ヘクトパスカル、中心付近の最大風速は15メートル、最大瞬間風速は23メートルとなっています。

熱帯低気圧は今後24時間以内に台風となり、発達しながら北西へ進んで、18日から21日頃にかけて沖縄地方に接近する可能性があります。

[防災事項]

<強風・高波>

熱帯低気圧から変わる台風の接近により、沖縄地方では19日は非常に強い風が吹き、大しけとなる見込みです。

19日に予想される最大風速(最大瞬間風速)は、
沖縄地方 20から24メートル(25から35メートル)

19日に予想される波の高さは、
沖縄地方 6メートル
の見込みです。

強風や高波に注意・警戒してください。熱帯低気圧から変わる台風の進路等によっては、20日以降は、暴風となり大しけが続くおそれもあります。

<大雨>

熱帯低気圧から変わる台風の進路等によっては、20日以降、沖縄地方では大雨となるおそれがあります。

(以下略)

令和3年度予報技術研修テキスト「発達する熱帯低気圧に関する予報の高度化」

7

同様に、以前は台風になってから発表していた総合情報を発達する熱帯低気圧の段階から発表するようにして、5日予報に基づく防災事項の見通しを記述するようになった。

進路予報の不確実性：積算スプレッド

- スプレッド
 - 各時刻における予測位置の不確実性を表す
 - アンサンブル平均した予測位置と各アンサンブルメンバーによる予測位置との間の距離の2乗をすべてのメンバーについて平均して平方根をとった値
 - スプレッドが小さければ不確実性が小さく、大きければ不確実性が大きい
- 積算スプレッド
 - ある予報時間までの不確実性を表す
 - 初期時刻(観測時刻)からある予報時間までのスプレッドを積算した値
 - 予報円では6時間ごとのスプレッドを積算した値

令和3年度予報技術研修テキスト「発達する熱帯低気圧に関する予報の高度化」

8

ここから、進路予報の信頼度(不確実性)を示すため台風の中心が70%の確率で到達すると予想される範囲を示す予報円が熱帯低気圧のときと台風のときとでどう違うのかを見ていく。その準備として、予報円を決めるためのアンサンブル予報の結果の利用についてまとめる。

最初に、アンサンブル予報における各メンバーのばらつきの大きさを示すスプレッドを計算する。スプレッドが小さければ不確実性は小さく、スプレッドが大きければ不確実性が大きいことになる。

初期時刻から対象となる予報時間までのスプレッドを積算することにより、その予報時間までの全体的な不確実性を見積もることができる。これが積算スプレッドである。予報円を決めるときには、対象となる予報時間までの6時間ごとのスプレッドを積算した値を用いる。

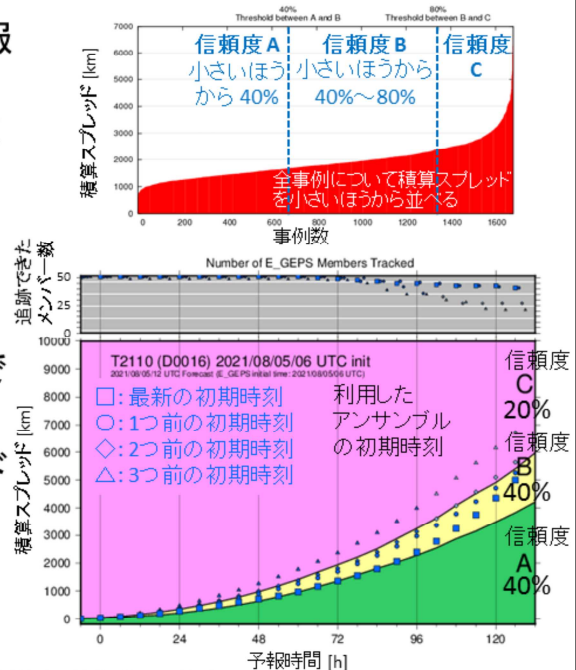
進路予報の不確実性：信頼度と予報円

信頼度

- ある統計期間について、予報時間ごとに積算スプレッドを小さいほうから並べ、事例数が40%、40%、20%の割合で入る区分をそれぞれ信頼度A(高)、B(中)、C(低)とする

予報円

- 台風が中心が70%の確率で到達すると予想される範囲
- 各予報時間の積算スプレッドに対応する信頼度の区分により予報円の半径を決める



令和3年度予報技術研修テキスト「発達する熱帯低気圧に関する予報の高度1」

9

過去の複数の台風を含む統計期間について、すべてのアンサンブル予報の積算スプレッドを小さいほうから並べ、事例数が全体の40%、40%、20%の割合となる区分を信頼度A(高)、B(中)、C(低)に分ける。

それぞれの信頼度ごとに、台風が中心が70%の確率で到達するように大きさを決めた円が予報円である。したがって、各予報時間における積算スプレッドに対応する信頼度の区分によりそれぞれの予報円を決めることができる。

進路予報の不確実性：予報円の決定

- 令和元年6月、予報円の決定方法を改善
 - 複数の全球アンサンブルから求めた積算スプレッドに基づいて、各信頼度ごとに台風が予報円に入る確率が70%となる半径を統計的に決定
 - 複数のアンサンブルを用いることにより決定論的モデルや単独のアンサンブルよりも予報円の大きさと予報誤差の相関が高くなった
 - 以前よりも予報円の半径が平均20%ほど小さくなった
- 詳細は「台風進路予報の予報円の改善について(令和元年度予報技術研修テキスト)」を参照のこと

これまで全球アンサンブル予報に基づく進路予報の精度が高くなるたびに予報円の大きさを見直しており、現在は令和元年6月に決めた予報円を用いている。この手法では、当庁だけでなく他センターの全球アンサンブルから求めた積算スプレッドを用いており、予報円の大きさと進路予報の誤差との相関が高くなるとともに、以前よりも予報円の半径が平均20%ほど小さくなった。詳細は、令和元年度の予報技術研修テキストにまとめられている。

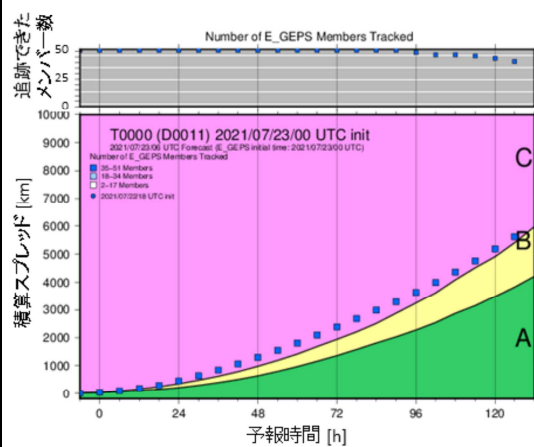
進路予報の不確実性：予報円の大きさ

- 一般に、発達した台風と比べて、発達する熱帯低気圧を対象とする数値予報の精度は低い
 - 進路予報の不確実性の大きさを反映して、発達する熱帯低気圧や発生初期の台風に対する予報円は大きい
- 事例によって進路予報の不確実性に差がある
 - 予報円の大きさの差も大きくなる

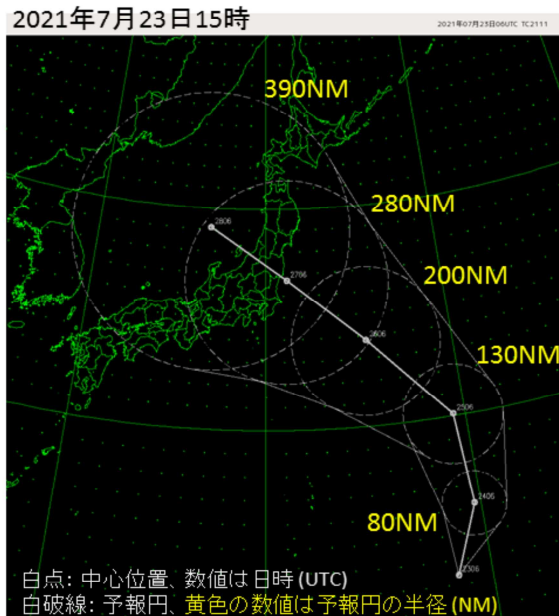
発達する熱帯低気圧を対象に進路の5日予報を始めるにあたって、熱帯低気圧の段階と台風の段階とで予報円にどれだけの差があるか、調べることになった。一般に、発達した台風と比べて数値予報モデルにおける渦の表現が弱い熱帯低気圧の予報の精度は低い。これを反映して、発達する熱帯低気圧に対する予報円は大きくなる。以下のスライドでは、令和3年に発生したいくつかの台風を対象に、熱帯低気圧の段階と台風の段階における積算スプレッドと発表した予報円の事例を示す。積算スプレッドは当庁の全球アンサンブルから求めた結果であるが、実際の予報では複数のセンターの全球アンサンブルを用いている。

進路予報の例：2021年7月23日15時

令和3年台風第8号：台風発生前



実況は熱帯低気圧、信頼度はCであり、予報円が大きい



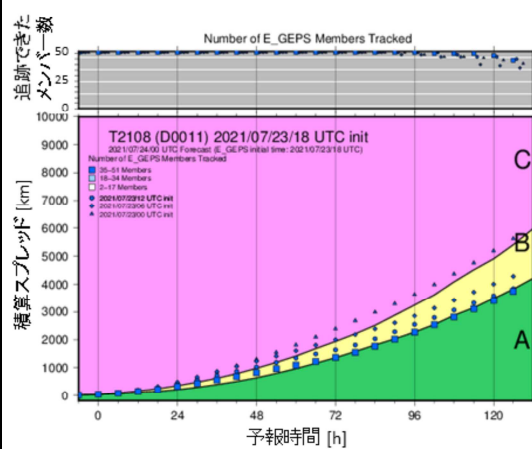
令和3年度予報技術研修テキスト「発達する熱帯低気圧に関する予報の高度化」

12

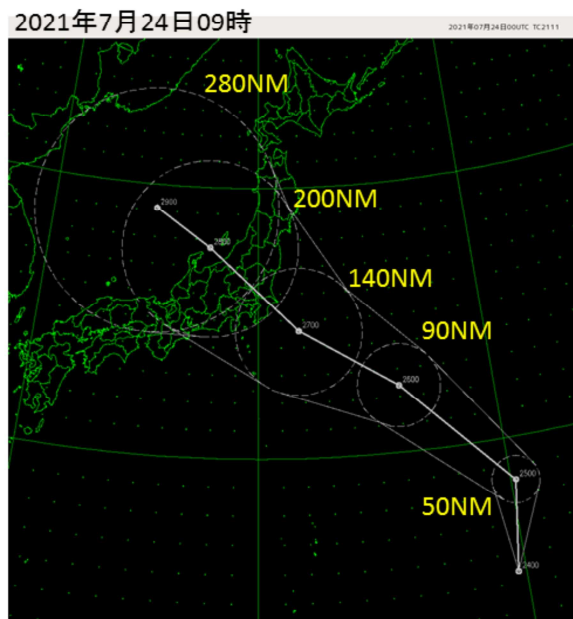
この図は、令和3年台風第8号が発生する前の熱帯低気圧の段階における積算スプレッド(左)と進路予報(右、中心位置と予報円)を示している。積算スプレッドから見積もった信頼度はおおむねCであり、この段階における進路予報の誤差は大きいと考えられるため、予報円が大きくなっている。

進路予報の例：2021年7月24日09時

令和3年台風第8号：台風発生後



実況は熱帯低気圧から台風に昇格し、信頼度はA～Bとなり、予報円が小さくなった



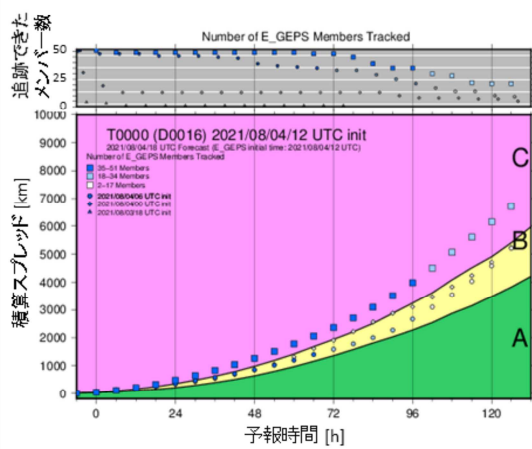
令和3年度予報技術研修テキスト「発達する熱帯低気圧に関する予報の高度化」

13

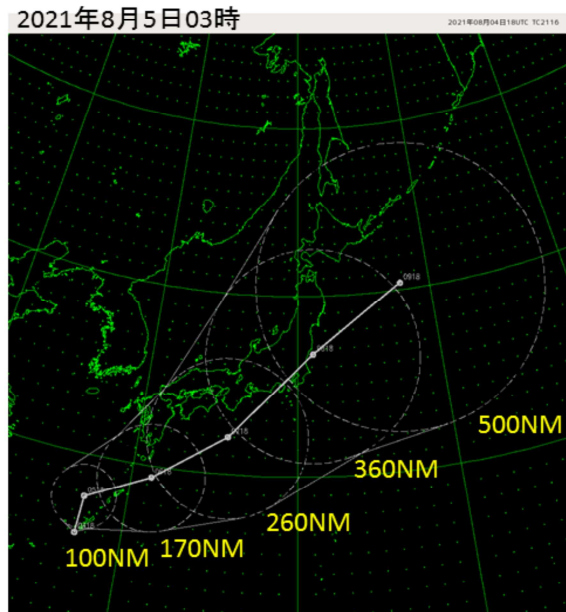
一方、この図は台風第8号が発生してから12時間後の積算スプレッド(左)と進路予報(右、中心位置と予報円)を示している。スライド12に示した熱帯低気圧の段階と比べると、台風になった後は積算スプレッドが小さく、信頼度がA～Bと高くなり、各予報時間における予報円が小さくなったことがわかる。

進路予報の例：2021年8月5日03時

令和3年台風第10号：台風発生前



実況は熱帯低気圧、信頼度はCであり、予報円が大きい



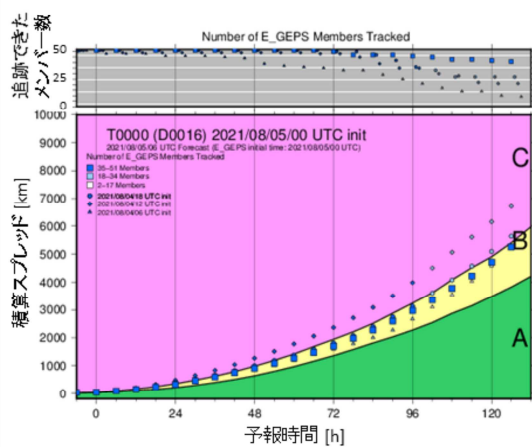
令和3年度予報技術研修テキスト「発達する熱帯低気圧に関する予報の高度化」

14

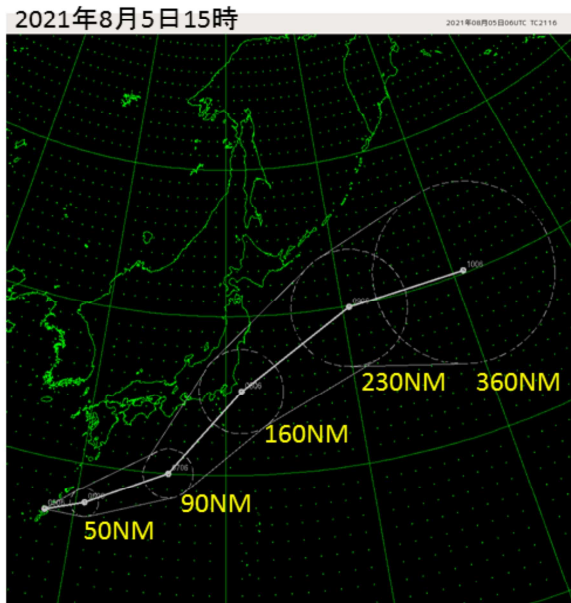
この図は、令和3年台風第10号が発生する前の積算スプレッド(左)と進路予報(右、中心位置と予報円)であり、やはり発生前の進路の不確実性を反映して積算スプレッドが大きく、予報円が大きくなっている。

進路予報の例：2021年8月5日15時

令和3年台風第10号：台風発生時



実際は台風に昇格し、信頼度はBへと高くなり、熱帯低気圧だった12時間前(5日03時、スライド14)と比べて予報円が小さくなった



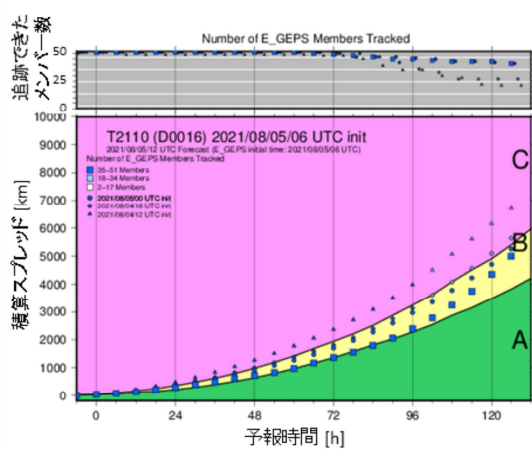
令和3年度予報技術研修テキスト「発達する熱帯低気圧に関する予報の高度化」

15

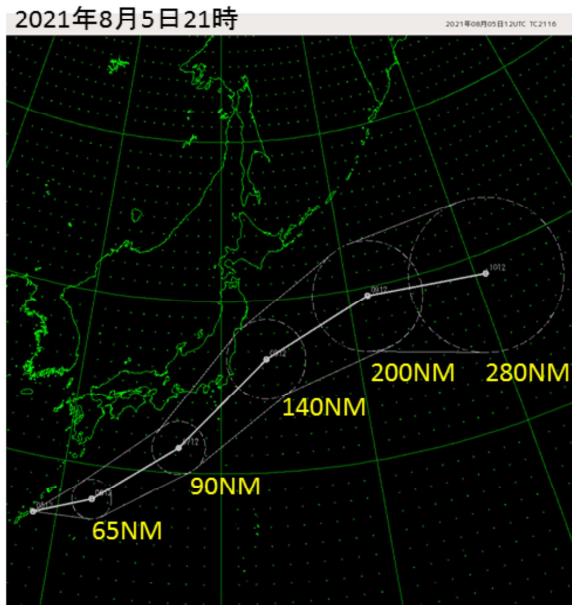
一方、この図は台風第10号が発生したときの積算スプレッド(左)と進路予報(右、中心位置と予報円)である。スライド14に示した発生前の図と比べると積算スプレッドが小さく、信頼度がBとなり、予報円が小さくなったことがわかる。

進路予報の例：2021年8月5日21時

令和3年台風第10号：台風発生後



48時間後から120時間後までの信頼度がAに近づき、以前と比べると予報円がさらに小さくなった



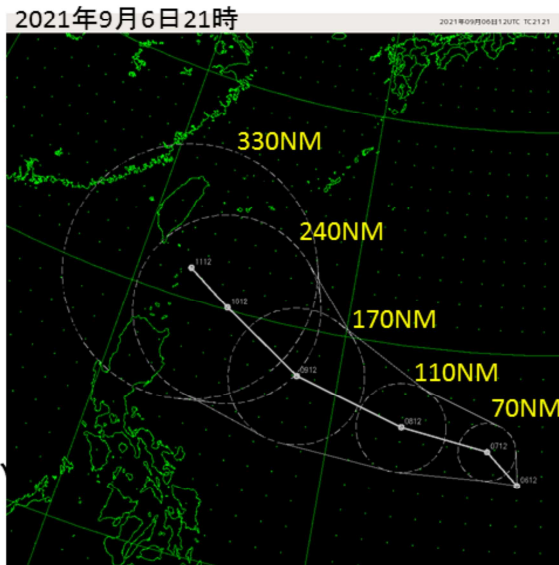
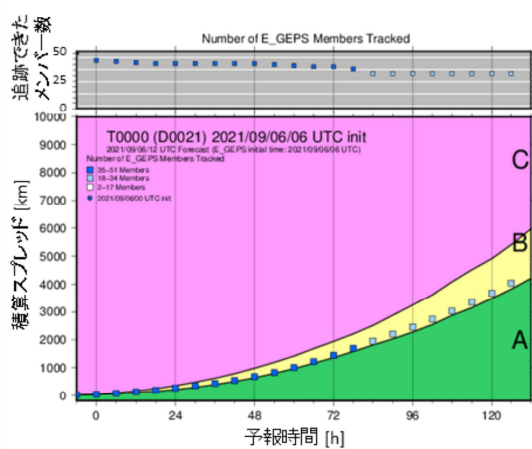
令和3年度予報技術研修テキスト「発達する熱帯低気圧に関する予報の高度化」

16

さらに6時間後の積算スプレッドを見ると、48時間後から120時間後までの信頼度がAに近づき、これを反映してさらに予報円が小さくなった。

進路予報の例：2021年9月6日21時

令和3年台風第14号：台風発生前



実況は熱帯低気圧で、移動速度が小さいため台風第10号の発生前（スライド 14）と比べて信頼度が高くBであり、予報円が小さい

令和3年度予報技術研修テキスト「発達する熱帯低気圧に関する予報の高度化」

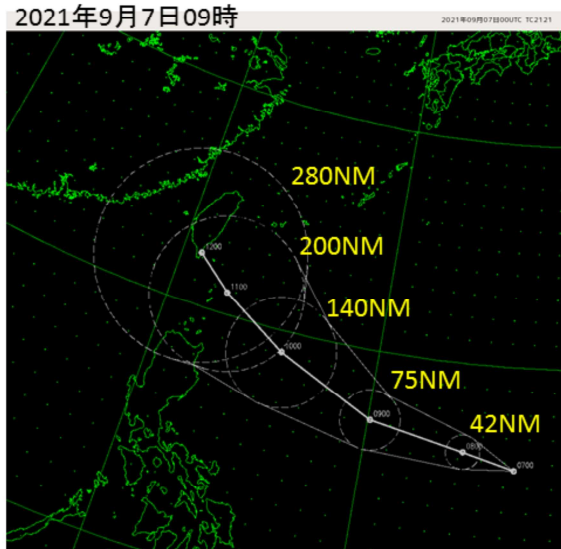
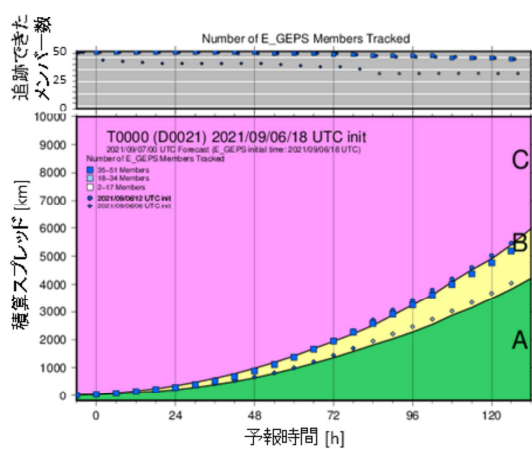
17

この図は、現業で予報を組み立てたときの速報解析で令和3年台風第14号が発生する前の積算スプレッド（左）と進路予報（右、中心位置と予報円）である。この段階では移動速度が小さかったため、同じ発生前の段階のスライド 14 の図と比べるとこの時刻の信頼度はAに近いBと高い。一方、この時刻とスライド 16 に示した台風10号の発生後の積算スプレッドを比べると、96時間後までは同程度、120時間後にはこの時刻のほうが小さくなっている。しかしこの段階では台風になっていないことから、この時刻のほうが予報円が大きくなっている。

※ ベストトラック解析では、この時刻に台風発生となった。

進路予報の例：2021年9月7日09時

令和3年台風第14号：台風発生時



実況は台風となったが、転向を予測するメンバーと予測しないメンバーの進路のばらつきが大きくなり(図略)、信頼度はB~Cと大きくなった

令和3年度予報技術研修テキスト「発達する熱帯低気圧に関する予報の高度化」

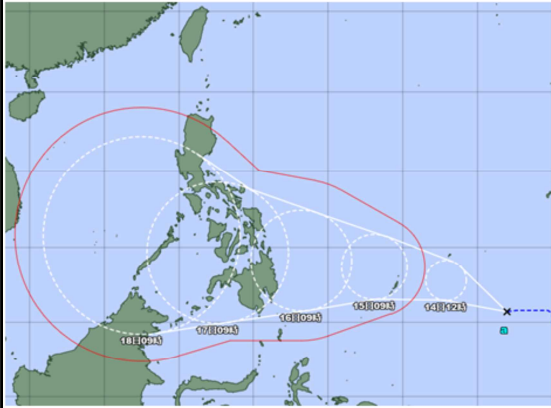
18

その後、現業で予報を組み立てたときの速報解析で第14号の発生時には、発生前より積算スプレッドが大きくなった。これは、アンサンブルにおいて転向を予測するメンバーと予測しないメンバーのばらつきが大きくなったためである。このため、信頼度は発生前より低いB~Cとなったが、熱帯低気圧ではなく台風に対して予報円を見積もったため、発生前よりも全体として予報円が小さくなっている。

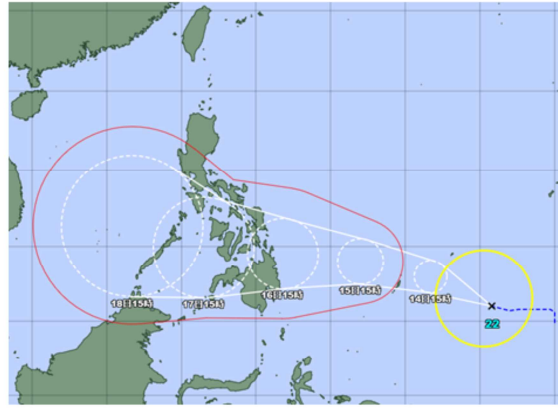
このように、予報円の大きさは、アンサンブルのメンバーのばらつきだけでなく、実況が熱帯低気圧であるか台風であるかによって決まることに注意が必要である。

気象庁ホームページの進路予報の例：2021年12月13日12時、15時
令和3年台風第22号：発生前、発生時

発生前（2021年12月13日12時）



発生時（2021年12月13日15時）
台風が発生し、予報円が小さくなった



暴風警戒域（赤線）も小さくなった

令和3年度予報技術研修テキスト「発達する熱帯低気圧に関する予報の高度化」

19

この図は、気象庁ホームページに掲載された令和3年台風第21号の発生前と発生時の進路予報である。この例でも熱帯低気圧から台風になると予報円が小さくなること
がわかる。

なお、赤線は暴風域に入るおそれがある範囲を示す暴風警戒域で、予報円が大きくなると暴風警戒域も大きくなることに注意が必要である。

まとめ

- 令和2年9月9日、24時間以内に台風が発達すると予想される熱帯低気圧(発達する熱帯低気圧)について、進路と強度の5日先までの予報を開始
 - 合わせて、発達する熱帯低気圧に関する情報(位置情報、総合情報)を変更
- 令和元年に改良した予報円は、台風の発達段階に応じて予測の不確実性を適切に反映している
 - 熱帯低気圧の段階や発生初期の台風では、不確実性が大きく、予報円が大きい

参考資料

- 予報課アジア太平洋気象防災センター, 2020: 台風進路予報の予報円の改善について. 令和元年度予報技術研修テキスト.
 - <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/expert/pdf/r1_text/r1_typhoonyohouen.pdf>
- 気象庁予報部, 令和2年3月31日(令和3年3月1日一部修正): 配信資料に関する技術情報第530号 ~発達する熱帯低気圧5日予報の開始~.
 - <<https://www.data.jma.go.jp/suishin/jyouhou/pdf/530.pdf>>