

重回帰法による東海地方出梅日の長期予報*

木下 宣幸**

要 旨

15日平均 500 mb 高度年偏差を用いた重回帰により東海地方の出梅日予報を試みた。予測因子の候補には5月前半、5月後半、6月前半の20~80°Nの緯度経度10°毎の格子点値を用いた。重回帰式に使われる因子はこれらの中から客観的方法で5個選んである。予報対象年の前年までの20年の資料を因子の選択と係数の決定のために用い、予報対象年毎に予報式を更新する方法を用いた。

予報は1981年から1987年までの7回行い従来から参考にされているマーカス島70 mbの東風の強まりを利用した予報と比較した。また気候値予報との比較も行った。

重回帰予報の標準誤差は5日でマーカス島70 mbの風の変化を利用した方法や気候値予報より誤差が小さく、出梅日の長期予報を改善できることが示された。この予報は四国、近畿、中国地方でも利用可能であった。

1. はじめに

梅雨明けについては多くの人々が強い関心を持っているので、平年より早いか遅いかの予報は長期予報にとり重要な項目となっている。

1週間先までの天気予報では数値予報が非常に有効であるが、長期予報では出梅の時期を数値予報が有効である期間を遙かに越えて1か月以上前から予報しなければならないので前兆現象を掴んで予報に利用する方法が用いられてきた。根山(1967)はマーカス島上空18 kmの東風が強まり10 m/s以上の日が5日以上続いた日から約1カ月で西日本の出梅となることを見つけた。また半旬平均100 mb面でチベット高気圧の東への張出しに着目した調査(高杉と池田, 1968)から16,800 gpmの等高線が6月中旬に120°Eに現われてから平均21日後に西日本で梅雨が明けるという予報法が得られている。しかし、これらの方法を検証した結果マーカス島の上層風による出梅日予想は標準誤差が6~9日の地点が多く予報に適用するのは困難であり、チベット高気圧の張出しによる方法は中国地方ではある程度は予報に適用できるが九州南部では有効性が低いとされ、新たな予想法の開発

が望まれている(気象庁長期予報課, 1987)。

日本の梅雨明けについて重回帰法で良い結果を得た報告は見当たらないが、梅雨と関連のあるインドの夏季モンスーンの開始の予想をこの方法によって試みた Kung and Sharif (1982) は良い結果を得ている。Kung and Tanaka (1985) は気温や降水量の長期的予測に予測因子の選択法を改良した手法を用いて良い成績を得ている。ここでは予測因子の選択を彼らの方法によって行った重回帰式による東海地方の出梅日の予測について調査した。その結果とマーカス島の風による予想方法および気候値予報との比較をスキルスコア等によって行った。

2. 資 料

1961年~1987年間の資料を用いた。予測因子には、気象庁長期予報課作成の半旬平均500 mb高度年偏差を第25~27半旬(5月前半)、第28~30半旬(5月後半)、第31~33半旬(6月前半)について平均した15日平均500 mb高度偏差を用いた。5月から6月前半に決めたのはマーカス島の風による方法でも梅雨明けの約1か月前に予報が行えるに過ぎないので6月20日に発表される3か月予報に予測結果が使えればよいという考えによっている。また15日平均を用いたのは、500 mb高度場について年々の変動を信号として抽出する場合の平均時間としては15日を最小時間単位として用いればよいとした田中(1986)の調査結果によっている。資料は20°N~80°Nの緯度経度10°毎の格子点値として用意したが

* Long-range forecasting of the last day of Bai-u in Tokai district by a multiple regression method.

** Nobuyuki Kinoshita, 名古屋地方気象台。
 ——1988年7月4日受領——
 ——1988年10月12日受理——

第1表 重回帰予報の予測因子

予報年	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
1981	5月後半 60E40N	5月前半170W40N	6月前半 80E50N	6月前半 30W70N	6月前半160W30N
1982	5月後半 60E40N	5月前半170W40N	5月後半170E70N	5月前半160W20N	6月前半 80E60N
1983	5月後半 60E40N	5月前半180W40N	5月後半150W70N	6月前半140E50N	5月後半160E50N
1984	6月前半 20W50N	6月前半 70W60N	5月後半110E20N	5月前半140E80N	6月前半 70W30N
1985	6月前半 20W50N	6月前半 20E40N	5月後半 50E40N	5月前半180W40N	6月前半110W30N
1986	5月後半150E70N	5月前半120W30N	6月前半 70W60N	5月前半 80E70N	6月前半130E50N
1987	5月後半150E70N	5月前半120W30N	6月前半 80W60N	5月前半 80E70N	5月前半 20W50N

1967年までは20°Nについて130°W~0°~50°Eの範囲は高度偏差が得られていないため全資料期間を通してこの範囲の資料は使わないこととした。これは標本数を他の領域と等しくするためである。尚、500 mb 高度偏差に予測因子を限ったのは地方官署でも容易に入手することができることと資料の十分な蓄積があることによる。

東海地方の出梅日には梅雨期間終了後に名古屋地方気象台で検討して決めたものを用いた。天気経過(例えば半旬日照時間の経過)を主な目安として決めているが、天気経過だけで決めたいときは気圧配置も考慮している。重回帰分析等の計算では出梅日を6月1日からの通日で表現して用いた。

3. 出梅日予報に用いる重回帰式の作成方法

例えばある地点の月平均気温とある格子点の500 mb 高度との相関を調べたとする。任意の期間についていつも同じ結果が得られるわけではなく、統計期間が異なると相関係数の符号が極端な場合は逆になることが知られており長期予報の分野では“相関係数の反転”と呼ばれることがある。これは気候が変動して同一母集団と見なせなくなることがあることを示している。

このような問題を解決するため重回帰式に使われる予測因子の選択と係数の決定のための資料期間を予報対象年の前年までの20年とし、予測式を年々更新することにした。予報対象年の資料は予測式の作成に用いていないので予報の資料に対する独立性は確保されている。

予測因子は5個で5月前半、後半、6月前半の15日平均500 mb 高度偏差の格子点値の中から選ばれる。選択にはKung and Tanaka (1985)と同様な方法を用いた。彼らの方法は選択が完全に客観的である点と、選ばれた予測因子同志の間の相関が極めて低く抑えられる点で優れている。その方法は、被予測因子 Y と予測因子の

候補 $x_1 \sim x_m$ の相関係数を求め最も高い相関を示したものを第1番目の予測因子 X_1 として Y に対する単回帰式を作り予測誤差 e_1 を求める。次に e_1 との相関が最も高いものを選んで第2番目の予測因子 X_2 とする。 e_1 に対する回帰式からの予測誤差 e_2 を求め、最も相関の高いものを第3番目の予測因子 X_3 とする。この手続きを繰り返して X_5 まで選んだ後、普通の重回帰の方法で係数を計算し重回帰式を作成するというものである。

4. 従属資料による重回帰式の評価

3節で述べた方法で選んだ予測因子を第1表に示した。Xの添字1~5は選ばれた順を示している。これらの予測因子から作成した重回帰式について各予測因子の偏相関係数、重相関係数および推定誤差を第2表に示した。選ばれた因子は自由度14、危険率5%のt検定でどれも有意であった。また偏相関係数は因子の選択方法を反映して早く選ばれた因子程大きな値を示しており、寄与が大きいことがわかる。重相関係数は、0.95~0.99と高い値を示し、危険率1%自由度(5, 14)のF検定で有意であった。推定誤差はどの重回帰式も±2日であった。

以上のことは、作成した重回帰式の精度が高いことを示している。

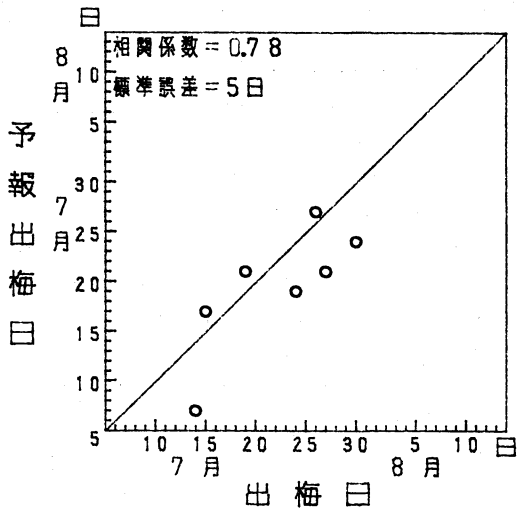
5. 予報結果と評価

1981年~1987年の7年の出梅日の予報を行った。重回帰式による予報出梅日と実際の出梅日の関係を第1図に示した。図中の左下から右上に引いた直線上の点は予報と実況が一致する完全予報を示している。重回帰式による予報結果はこの直線の近傍に分布している。相関係数は0.78で95%信頼限界を越えて有意である。

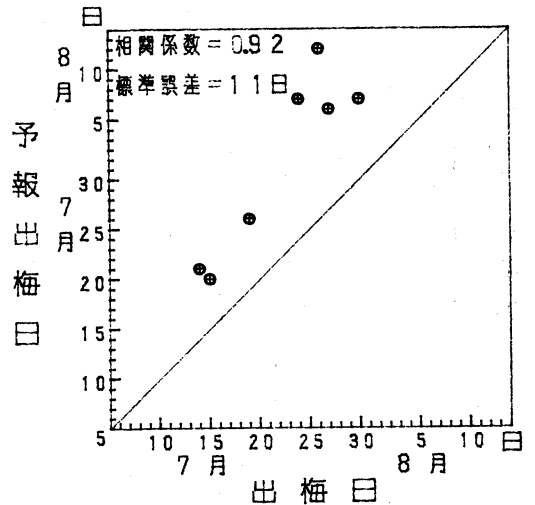
名古屋地方気象台(1985)では1970~84年の資料を調べて、マークス島の70 mb の風が東成分を持ち風速18

第2表 重回帰式の評価

予報年	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
偏 X ₁	0.94	0.93	0.97	-0.91	-0.84	-0.92	-0.96
相 X ₂	-0.86	-0.89	-0.94	0.86	-0.78	-0.83	-0.90
関 X ₃	0.89	-0.73	-0.91	-0.73	0.79	0.83	0.87
係 X ₄	0.80	-0.77	-0.84	0.64	-0.76	0.73	0.81
数 X ₅	-0.62	0.66	-0.69	-0.64	-0.69	-0.60	-0.65
重相関係数	0.97	0.97	0.99	0.95	0.96	0.97	0.98
推定誤差	±2	±2	±2	±2	±2	±2	±2



第1図 予報出梅日と出梅日の相関図
重回帰予報の場合



第2図 第1図と同じ
マークス島の東風による予報の場合

kt 以上で連続して5日以上吹き始めた日から東海地方の出梅まで平均38日であるとしている。この方法による予報結果を第2図に示した。全部の点が完全予報を示す直線より上に分布していることがわかる。このことは東風が強まってから出梅までの日数がこの7年間は38日より短かったことを示している。相関係数は0.92と重回帰予報より高いが、標準誤差は11日で重回帰予報の5日に比べ大きな値を示した。

毎年、平年出梅日に梅雨が明けるとした予報（気候値予報）に対する改善率（スキルスコア）を調べた。ここでスキルスコアSを次の式で求めた。

$$S = (1 - \text{MSE}/\text{mse}) \times 100$$

ただし

$$\text{MSE} = \sum_{i=1}^n (F_i - O_i)^2$$

$$\text{mse} = \sum_{i=1}^n (F_c - O_i)^2$$

ここで F_i , F_c , O_i はそれぞれ

F_i : i年の予報出梅日

O_i : i年の実際の出梅日

F_c : 平年出梅日

を表わしている。また $n=7$ である。東海地方の平年出梅日は7月17日（1951～80年の平均）である。Sが正の値のとき予報は気候値予報に比べ改善されたことを示し、完全予報では100となる。Sが負の値のときは改善がなかったことを示す。

各予報法のスキルスコアを予報年毎の予報誤差と共に第3表に掲げた。重回帰予報のスキルスコア63は気候値予報を大きく改善したことを示している。一方、マークス島の風による予報には改善がみられなかった。

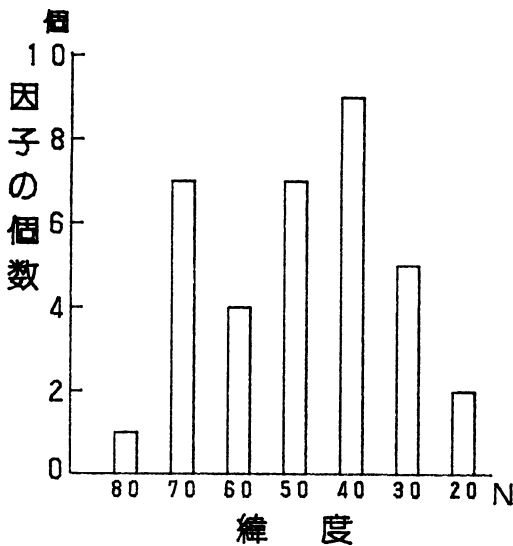
第3表 各予報法の子報誤差とスキルスコア

予報年	予報法		
	重回帰	マ-加風	気候値
1981	2日	5日	2日
1982	6日	8日	13日
1983	1日	17日	9日
1984	2日	7日	2日
1985	7日	7日	3日
1986	6日	10日	10日
1987	5日	14日	7日
スキルスコア	6.3	-8.6	

第4表 東海地方出梅日と各地の出梅日の関係

地方名	平年出梅日*	東海地方の平年出梅日との差D	東海地方出梅日との相関係数**
東北北部	7月26日	+9日	0.44
東南北部	7月21日	+4日	0.44
関東甲信	7月18日	+1日	0.54
北陸	7月20日	+3日	0.46
近畿	7月17日	±0日	0.78
中国	7月18日	+1日	0.76
四国	7月16日	-1日	0.54
九州北部	7月18日	+1日	0.75
九州南部	7月15日	-2日	0.34

* 統計期間 1951~80年 ** 統計期間 1961~80年



第3図 重回帰予報に用いられた因子の緯度別個数

出梅日の重回帰予報およびマ-カス島 70 mb の風による予報を気候値予報に対して行ったこれらの相互比較は、重回帰予報の成績が良いことを示している。

ここではマ-カス島 70 mb の風による予報法をそのまま適用した結果によって議論を進めてきたが、この方法による予報が高い相関係数を示したことは東風が強まってから出梅までの遅れ日数を調整することで予報精度を向上できる可能性を示唆している。実際、予報年前年までの3年間で平均した遅れ日数を用いた予報を1981~1987年の間で行った結果は標準誤差7日、スキルスコア17となり精度の向上が見られた。

6. 重回帰式に用いられた因子

第1表に示した重回帰式の因子には5月前半の170~180°W40°Nと5月後半の50~60°E40°Nおよび6月前半の70~80°W60°Nなどが比較的多い。

因子の個数を緯度別に示した第3図には2つのピークがあり1つは40°Nに、もう1つは70°Nにある。第1表を見ると X₁~X₂ に40°Nの因子は多く現われている。第2表で X₁~X₂ は寄与の高い因子であった。このことは40°N帯の谷や屋根が梅雨明けの遅速に与える影響が大きく、次に極付近の寒気が与える影響が大きいことを示している。

一般に亜熱帯高気圧の北上に伴って梅雨が明けることから、日本付近の亜熱帯高気圧の強弱は梅雨明けの遅速に影響を与えそうである。しかし20°N帯のアジア太平洋領域から因子が重回帰式に採用されたことは少なかった。

7. 他の地方への利用

東海地方の出梅日と他の地方の出梅日との関係を第4表に示した。この表から東海地方の出梅日は九州南部を除く全ての地方と危険率5%で有意な相関があり特に近畿、中国、九州北部地方とは高い相関があることがわかる。したがって東海地方の重回帰予報出梅日に平年出梅日の差D(第4表)を加えて各地方の出梅日子予報に用いることが考えられる。

そのような方法による予報の相関係数、標準誤差およびスキルスコアによる評価を第5表に掲げた。第5表に示した全ての地方で予報はスキルを示し、標準誤差は近畿、中国、四国地方で4~5日と東海地方と同程度の大きさになっている。四国地方については危険率5%で有意な相関がある。第5表の結果は東海地方の重回帰予報

第5表 東海地方の重回帰予報出梅日を用いた予報評価

地名	相関係数	標準誤差	スキルスコア
東北北部	0.52	7日	26
東西南部	0.55	8日	40
関東甲信	0.65	6日	51
北陸	0.56	7日	42
近畿	0.72	5日	51
中国	0.62	5日	42
四国	0.80	4日	69
九州北部	0.55	6日	23

出梅日を近畿、中国、四国地方でも利用できることを示している。

8. まとめ

5月前半、後半および6月前半の15日平均500mb高度偏差から予測因子を選ぶこと、因子の選択方法に特徴をもつ重回帰手法により東海地方の出梅日の長期予報は、かなり改善されることがわかった。重回帰予報出梅日は近畿、中国、四国地方で利用可能である。

しかし、1~2日の誤差しかなかった年もあれば5~7日と比較的大きな誤差のあった年もあるのでより安定した予報にすることが望まれる。また更に利用価値を高めるため予報はもっと早い時期に行えることが望ましい。このような要求を満たすためには、今回の重回帰手法に不足していた亜熱帯高気圧の強弱に関する因子が含まれることが必要である。西部熱帯太平洋の対流活動が活発なとき日本付近の亜熱帯高気圧が強まるのが最近の研究(例えば Nitta, 1987)で明らかにされてきている。熱帯の対流活動の指標として OLR (Out-going Long-wave Radiation) などの資料が重回帰分析を行うのに十分な長さの期間にわたって蓄積されれば、その中に因子を求めることができるだろう。海面水温の利用は予報を行う時期を早めるのに効果があるかもしれないので調査する必要がある。また因子には格子点値を単独で用いたが、その周辺で相関の高い格子点値を平均した値

を用いれば予報の安定化を図れるかもしれない。これらの点について工夫を重ね出梅日予報の精度を向上させることが今後の課題である。

謝辞

1987年11月に日本気象学会中部支部研究会において発表した内容を名古屋大学水圏科学研究所岩坂泰信助教授のお勧めにより若干手を加え本稿にまとめました。また名古屋地方気象台の黒沢真喜人台長と渡辺正夫予報課長からは本稿の執筆にあたり貴重な御助言を頂きました。深く感謝致します。

文献

Kung, E.C. and T.A. Sharif, 1982: Long-Range Forecasting of the Indian Summer Monsoon Onset and Rainfall with Upper Air Parameters and Sea Surface Temperature, *J. Meteor. Soc. Japan*, 60, 672-681.

_____ and H. Tanaka, 1985: Long-Range Forecasting of Temperature and Precipitation with Upper Air Parameters and Sea Surface Temperature in a Multiple Regression Approach *J. Meteor. Soc. Japan*, 63, 619-631.

Nitta Ts., Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern Hemisphere Summer circulation, *J. Meteor. Soc. Japan*, 65, 373-390.

気象庁長期予報課, 1987: 夏の3か月予報の検討—昭和59年度全国長期予報技術検討会報告, 気象庁研究時報, 39, 163-171.

高杉正明, 池田 浩, 1968: 南部アジア高気圧の変動と日本の季節変化の関係, 広島地方気象台昭和42年度全国長期予報技術検討会資料, 25-35.

田中康夫, 1986: 北半球500mb高度場の平均時間と予測可能性, 気象庁予報部昭和60年度全国長期予報技術検討資料, 80-86.

名古屋地方気象台, 1985: 夏季3か月予報法の整理. 名古屋地方気象台昭和59年度全国長期予報技術検討会資料, 11-19.

根山芳晴, 1967: 暖候期季節区分を対象とした成層圏を用いての長期予想法, 広島地方気象台昭和41年度全国長期予報技術検討会資料, 16-31.

訂正

巻・号	頁	誤	正
35.12	707~708	本文中の CIO	CIO