

2004年に京都を襲った台風の気象学的特性について

On Meteorological Characteristics of Typhoons attacking
the Kyoto Prefecture in 2004

藤 井 健
Takeshi FUJII

Abstract

In 2004, ten typhoons (including tropical storms) made landfall on the Japanese Main Islands. For four of them, Typhoons Dianmu (0406), Chaba (0416), Meari (0421), and Tokage (0423) attacking the Kyoto Prefecture, the numerical pressure analysis was performed by the method developed by the author (Fujii, 1974; Mitsuta *et al.*, 1979). The analysis results indicate that the pressure depth in the center from the periphery, Δp , at the time of landfall gave the maximum value for Typhoon Chaba, but the decay rate took the maximum value for Typhoon Tokage. The results are compared with the statistics (Fujii, 1998) based on the analysis for 51 typhoons having made landfall in 1955 to 1994. As a result, it is indicated that the return periods of Δp for the 4 typhoons correspond to 5 to 13 years. The radius of maximum wind at landfall but for Typhoon Meari are larger than those of corresponding typhoons in the past, but the decay rates but for Typhoon Tokage coincide with those for typhoons in the past.

Key Words : 京都, 台風, 2004年, 最大風速半径, 再現期間

Kyoto, typhoon, 2004, radius of the maximum wind, return period

1. はじめに

著者は、京都地域を襲った台風やそこで発現した強風と大雨の特性について、数値解析や統計解析により調べてきた。藤井（2002, 2003）では、京都地方気象台の観測資料に加えて、京都産業大学における観測資料を用いて解析を行った。その結果、京都盆地の北端に位置している京都産業大学では、京都盆地内の平坦地に位置している京都地方気象台に比べて、その場所および周辺の起伏に富んだ地形に起因した強風や大雨の特性が大きく現われていることが明らかになった。また、藤井（2004）では、京都において、強風や大雨をもたらした気象擾乱のうち台風に起因する割合について調べた。本

研究では、2004年に京都地域に影響を及ぼした台風について数値解析を実施し、過去の台風の統計結果と比較して、特異な台風であったかどうか検討した。

表1 2004年に日本に上陸した10個の台風の上陸時における諸要素、*は上陸1時間前の値

台風番号 (通し番号)	上陸月日	上陸時刻	上陸場所	中心気圧	最大風速
				(hPa)	(m/s)
T0404	6月11日	16時ころ	高知県東部	*992	*23
T0406	6月21日	9時30分ころ	室戸市付近	965	35
T0410	7月31日	16時すぎ	高知県西部	980	35
T0411	8月4日	22時すぎ	徳島県東部	996	20
T0415	8月20日	6時すぎ	津軽半島	980	30
T0416	8月30日	10時前	串木野市付近	950	40
T0418	9月7日	9時30分ころ	長崎市付近	945	40
T0421	9月29日	8時30分ころ	串木野市付近	970	30
T0422	10月9日	16時ころ	伊豆半島	950	40
T0423	10月20日	13時ころ	土佐清水市付近	955	40

2. 解析の対象にした4個の台風の概要

2004年には、10個の台風が日本に上陸し、台風の定義が域内の最大風速17.2 m/s以上となった1951年以来の年間最大上陸数6個（1990年および1993年）を大きく更新した。これら10個の台風の上陸時における諸要素を表1に示す。なお、日本に上陸とは、気象庁の定義では、九州、四国、本州および北海道の海岸線に上陸したものである。

京都府近くを通過した台風の経路を図1に示す。この図によると、京都府を通過あるいは接近した比較的に強い台風は、0406号、0416号、0421号、0423号の4個である。そこで、本研究では、これら4個の台風を解析の対象とする。なお、本稿では、台風番号を通し番号で表すことにする。すなわち、0406号とは、2004年の台風6号を意味している。

気象庁（2004a, b, c）および気象庁ホームページによると、各台風の概要は、次の通りである。

台風0406号は、6月13日21時にカロリン諸島近海で発生し、20日には沖縄・奄美諸島付近を通過し、21日9時半ころ室戸市付近に上陸した。その後、いったん海上に出て、21日13時すぎに明石市付近に再上陸し、北北東に進み、舞鶴市付近を通過して日本海へ進んだ。

台風0416号は、8月19日21時にマーシャル諸島近海で発生し、北西に進み、やがて北向きに変え、30日10時前、串木野市付近に上陸し、北東に進んで九州を縦断した。その後、周防灘に出て、17時半ころに防府市付近に再上陸し、中国地方から日本海に出て、北東に進み、舞鶴市の北西220 kmあたりを通過した。この台風通過のさい、高松港では高潮が発生した。日本損害保険協会によると、この

台風による災害に対して、損害保険により793億円が支払われた。

台風0421号は、9月21日03時にグアム島の西南西海上で発生し北西に進み、東シナ海で北東に向きを変えて、29日08時半ころ、串木野市付近に上陸した。豊後水道に出た後、15時すぎに宿毛市付近に再上陸し、北東に進み、20時半ころ大阪市付近に再上陸し、京都市付近を通過、北陸地方を北東に進んだ。この台風に伴った大雨によって、三重県宮川村で土砂災害が発生した。日本損害保険協会によると、この台風による災害に対して、損害保険により231億円の支払いがあった。

台風0423号は、10月13日09時にマリアナ諸島近海で発生し、沖縄本島付近を通過して、北東に進み、20日13時ころ土佐清水市付近に上陸した。その後、15時すぎに室戸市付近に再上陸し、紀伊水道に出て、18時前に大阪府南部に再上陸した。その後、京都府と奈良県の境界付近を通過、北東に進み、滋賀県を経て、岐阜県で向きを東に変え、東海地方に進んだ。台風0423号に伴う大雨により、兵庫県北部の円山川や出石川が氾濫、京都府北部を流れる由良川が氾濫して浸水害が発生した。とくに、由良川の氾濫により、観光バスが屋根近くまで浸水し、乗員・乗客37人が屋根の上で一夜を過ごした。この台風による人的被害は兵庫県、京都府、香川県を中心に発生し、全国で死者・行方不明者は95人（うち京都府は15人）に達した（消防庁による、2005年2月23日現在）。また、日本損害保険協会によると、この台風による災害に対して、損害保険により885億円が支払われた。この支払額は過去の風水害に対する損害保険支払額の第7位（トップは台風9119号の5679億円）に当たるものである。また、2004年では、0418号の2673億円（過去第3位）に次いで2番目に多い支払額である。

これらの台風通過時に京都地方気象台、舞鶴海洋気象台および京都産業大学において観測された降水量、気圧、風速の極値を表2および表3に示す。これによると、京都産業大学における降水量は、京都地方気象台における降水量に比べて0406号と0421号ではわずかに少なく、0416号では多い傾向がある。一方、最大風速については、欠測のあった0423号を除いて京都産業大学の方が大きい。京都産業大学における最大風速発現時の風向は、SSW～WSWであり、藤井（2003）が指摘したように、斜面の吹き上げにより風が増強したものと考えられる。

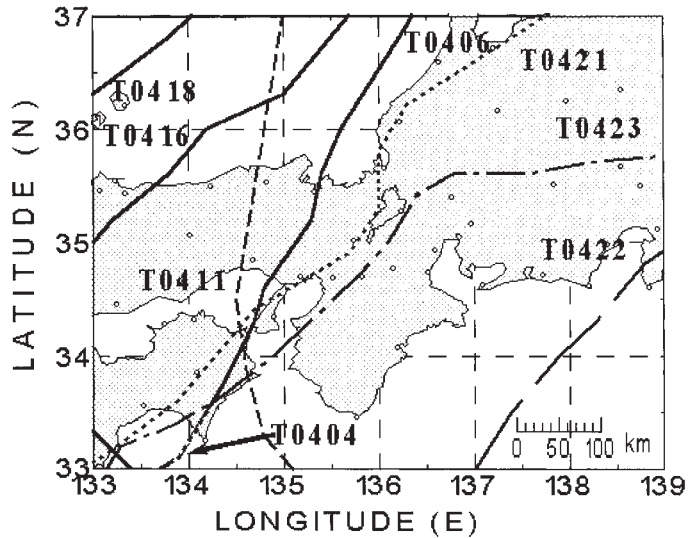


図1 2004年に日本に上陸した10個の台風の経路，中心位置は気象庁の暫定値による。図中の○は気象官署である。0404号の経路は、0406号の経路とほぼ重なっている。

表 2 台風通過時に京都地方気象台、舞鶴海洋気象台および京都産業大学で観測された降水量の極値、京都と舞鶴の資料は気象庁ホームページによる。

台風番号 (対象期間)	地点名	期間降水量	最大日降水量		最大1時間降水量		最大10分間降水量	
		mm	mm	月日	mm	月日時分迄	mm	月日時分迄
0406号 (6/18~22)	京都	48.5	41.0	6月21日	29.5	6/21 13:53	9.0	6/21 13:33
	舞鶴	4.0	2.5	6月19日	2.0	6/19 21:05	0.5	6/21 --:--
	産大	41.5	36.0	6月21日	28.0	6/21 14:00	6.5	6/21 13:35
0416号 (8/27~31)	京都	58.0	37.0	8月30日	23.5	8/30 00:06	6.0	8/31 02:26
	舞鶴	48.0	25.5	8月31日	15.5	8/31 00:38	6.5	8/31 00:15
	産大	62.5	42.5	8月30日	24.0	8/31 00:05	4.5	8/30 23:40
0421号 (9/26~30)	京都	111.5	90.0	9月29日	36.0	9/29 21:45	10.0	9/29 21:10
	舞鶴	174.5	100.5	9月29日	38.0	9/29 21:15	8.0	9/29 21:15
	産大	101.5	76.0	9月29日	28.0	9/29 21:55	9.0	9/29 21:18
0423号 (10/18~21)	京都	160.0	94.0	10月20日	15.5	10/20 17:50	5.0	10/20 17:00
	舞鶴	326.0	277.0	10月20日	36.5	10/20 20:01	8.5	10/20 19:13
	産大	(欠測)	(欠測)	(欠測)	(欠測)	(欠測)	(欠測)	(欠測)

表 3 台風通過時に京都地方気象台、舞鶴海洋気象台および京都産業大学で観測された気圧と風速の極値、京都と舞鶴の資料は気象庁ホームページによる。*は最低現地気圧。

台風番号 (対象期間)	地点名	最低海面気圧		最大風速			最大瞬間風速		
		hPa	日時分	m/s	風向	日時分	m/s	風向	日時分
0406号 (6/18~22)	京都	980.3	6/21 12:56	9.6	E	6/21 12:20	25.8	E	6/21 12:43
	舞鶴	978.9	6/21 13:19	10.2	E	6/21 10:30	19.4	ENE	6/21 09:38
	産大	*964.2	6/21 13:08	12.6	SSW	6/21 14:35	(欠測)		
0416号 (8/27~31)	京都	988.7	8/31 00:28	9.0	SSW	8/31 01:40	19.7	S	8/31 01:32
	舞鶴	981.6	8/30 23:18	10.3	E	8/30 20:40	30.7	E	8/30 20:43
	産大	*972.6	8/31 00:28	12.8	SSW	8/31 01:40	(欠測)		
0421号 (9/26~30)	京都	995.4	9/29 20:39	7.2	N	9/30 13:10	17.5	NNW	9/30 12:25
	舞鶴	996.2	9/29 20:29	11.5	NNW	9/29 21:40	23.0	NW	9/29 21:25
	産大	*978.6	9/29 20:57	9.7	WSW	9/29 22:24	(欠測)		
0423号 (10/18~21)	京都	976.6	10/20 17:50	10.9	NNW	10/20 22:20	31.0	NW	10/20 22:18
	舞鶴	981.9	10/20 17:34	25.1	N	10/20 20:30	51.9	N	10/20 20:27
	産大	(欠測)		(欠測)			(欠測)		

3. 台風気圧場の数値解析

解析の対象とした4個の台風について、Schloemer (1954) の気圧分布式を用いて、著者が開発した方法 (藤井, 1974; Mitsuta *et al.*, 1979) により1時間間隔で気圧場の数値解析を行った。

発達した台風域内の気圧分布については、等圧線が同心円状に分布していると仮定することができる。このような仮定のもと、いくつかの気圧分布式が提案された。その中で、著者らは Schloemer (1954) の気圧分布式を採用した。

$$p = p_c + \Delta p \exp(-1/x) \quad (1)$$

なお、この式で、 p は中心からの距離 r における海面気圧、 p_c は中心気圧、 Δp は中心気圧低下量 (周辺気圧—中心気圧)、 x は r と最大風速半径 r_m の比で、 r_m を基準とした無次元相対距離に相当する。

Schloemer の式による気圧場の解析方法については、藤井 (2002) で説明してあるので、ここでは割愛する。

台風の中心における気圧の深まりを示す Δp は、台風の強さを表すパラメータの一つである。台風の強さは、中心気圧も一つのパラメータであるが、気圧場の深まりには周辺気圧も影響し、 Δp の方が合理的である。解析から得られた周辺気圧は、0406号が1017 hPa、0416号が1019 hPa、0406号が1019 hPa、0406号が1014 hPa で、わずかではあるが異なっており、これが台風の強さに影響しているのである。

上陸時刻から12時間後までの Δp の変化を図2に示す。これによると、0416号は上陸時刻から12時間後まで Δp の値が他の台風よりも大きく、強い台風であった。

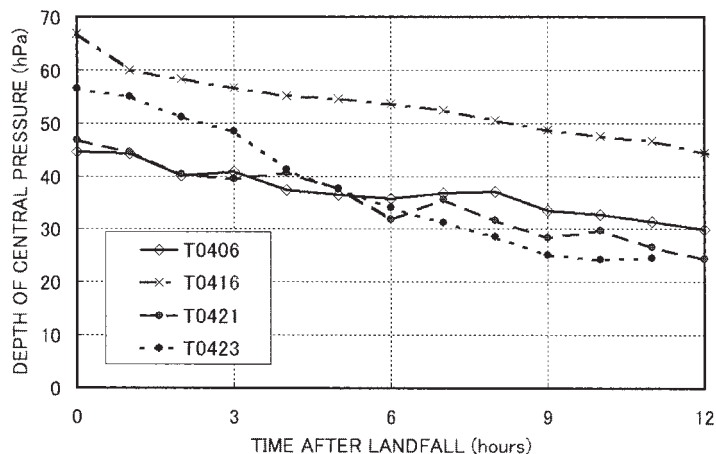


図2 数値解析の対象とした台風の Δp の時間変化

表 4 2004 年に京都地域に影響を与えた台風の数値解析結果にもとづく Δp と r_m の変化率 a_p と a_r の値

台風番号	解析期間	Δp		r_m	
		a_p (h^{-1})	Δp_0 (hPa)	a_r (h^{-1})	r_{m0} (km)
T0406	6月21日9~21時	0.032	45	22.9	191.0
T0416	8月30日8~20時	0.035	67	5.0	175.0
T0421	9月29日8~20時	0.051	47	10.1	78.0
T0423	10月20日13~24時	0.082	57	21.3	140.0

次に、 Δp の時間変化が Δp に比例すると仮定する。

$$\frac{d\Delta p}{dt} = -a_p \Delta p$$

この式で、 a_p は比例定数である。これを解くと、

$$\Delta p = \Delta p_0 \exp(-a_p t) \quad (2)$$

となる。この式で、 Δp_0 は上陸時の Δp であり、 a_p は減衰率を意味している。また、この式は、 Δp が上陸後の時間 t とともに指数的に減少していくという関係を示している。

最小二乗法により a_p の値を求めて、 Δp_0 の値とともに、表 4 に示す。減衰率が最も大きいのは 0423号で、次いで、0421号であり、0406号と0416号はほとんど差がない。

一方、 r_m は、台風の水平スケールを表すパラメータの一つであり、その時間変化を図 3 に示す。いずれの台風も、上陸後に経過した時間とともに r_m は増加していく傾向がある。これは、減衰過程の台風において一般に見られる現象である。

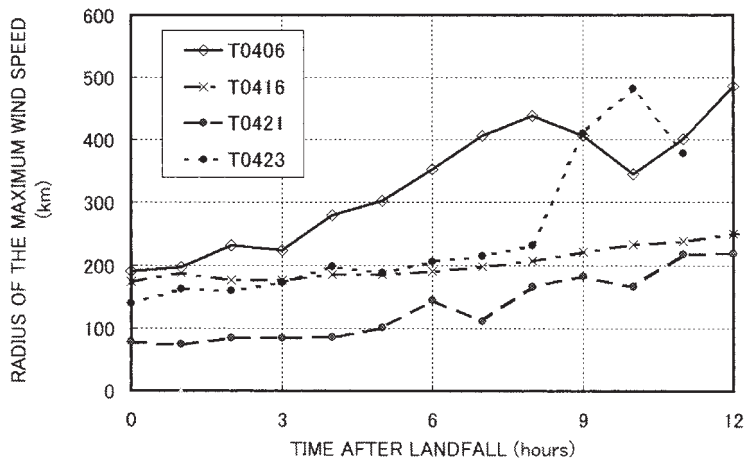


図 3 数値解析の対象とした台風の r_m の時間変化,

そこで、 r_m は上陸後の経過時間 t に比例して増大していくと仮定し、1 時間あたりの増大量 a_r を最小二乗法で算出した。

$$r_m = r_{m0} + a_r t \quad (3)$$

なお、この式で、 r_{m0} は上陸時の r_m の値である。 a_r の値を r_{m0} とともに表 2 に示す。

4. 過去の研究における解析結果との比較

著者 (Fujii, 1998) は、1955~1994年の40年間に日本に上陸した51個の顕著台風 (上陸時の中心気圧980 hPa 以下) について、Schloemer の式により同様な方法で気圧場の数値解析を実施し、その結果をまとめて日本に上陸した台風の特性を明らかにしている。この結果と比較し、今回解析の対象とした4個の台風の位置づけを行うことにする。Fujii では、図 4 に示すように、日本の上陸場所を3つの地域に分けて統計をとっている。Area A は九州地方の海岸線に上陸した台風、Area B は四国あるいは近畿地方の海岸線に上陸した台風、Area C は東海あるいは関東地方の海岸線に上陸した台風についての統計である。今回解析の対象とした4個の台風は、表 1 に示したように、0406号は Area B に、0416号は Area A に、0421号は Area A に、0423号は Area B に上陸している。

図 5 には、上陸時の Δp の再現期待値を示す。この図には、今回解析の対象とした4個の台風も追加して示してある。これによると、各台風の上陸時における Δp の再現期間 (海岸線100 km 当たり) は、0406号は18年、0416号は30年、0421号は11年、0423号は25年に相当する。これらの年数は、海岸線100 km 当たりの値であるので、地域ごとの再現期間を意味してはいない。Fujii で解析の対象とした51個の台風の平均の進行方向に対する海岸線の長さは、Area A は233 km、Area B は348 km

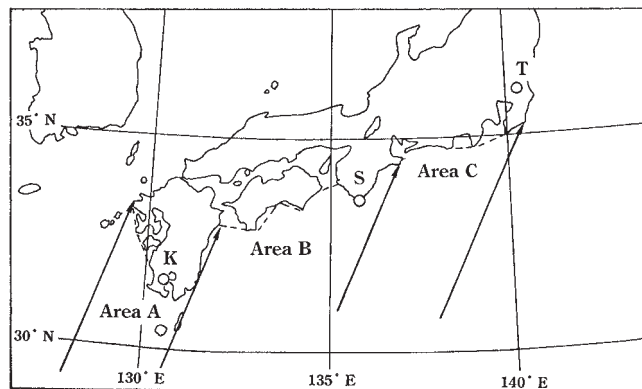


図 4 上陸地域の分割, Fujii(1998)の Fig.1(a)を転載, 矢印は解析の対象とした51台風のの上陸時における平均的進行方向

であり、この補正を行うと、これ以上の Δp の台風が該当地域の海岸線のいずれかに上陸する再現期間は、0406号は5年、0416号は13年、0421号は5年、0423号は7年となる。

次に、上陸時の Δp と r_m の関係を図6に示す。0421号だけは、過去の解析結果の同じ関係を示しているが、他の3台風は同じ Δp の台風に対して r_m の値は大きくなっている。これは、日本に上陸する台風が勢力のわりにスケールが大きくなってきたことを意味しているのかもしれない。これについては、最近の他の台風について解析を進めないと断言できない。

さらに、上陸時の r_m の値 r_{m0} に対する減衰率 a_p の値の関係を図7に示す。この調査は、規模が大きい台風は一般に減衰しにくい傾向があるので、これを確認することにある。台風0423号を除いては、過去の台風とほぼ同じ線上に乗っている。0423号は、Area Bに上陸した同じ r_m の台風に対して減衰率が2倍くらい大きくなっている。この台風は、10月20日という台風シーズンの終わりに来襲した台風であり、このとき、寒気の侵入が大きく、その影響で大きい減衰率を示した特異な台風であったと考えられる。

5. おわりに

2004年には29個の台風が発生し、そのうちの1/3に当たる10個が日本に上陸した。2001年に発表されたIPCC第3次評価報告書によると、地球温暖化に伴って、ある地域においては、台風の最大風速が増大する可能性が高い。ただ、2004年における台風上陸数の特異性は、地球温暖化の影響の現れかどうかは分からない。2004年に記録的に多い台風が日本を襲った原因として、気象庁(2004d)は太平洋高気圧が北に位置し、さらに日本に張り出している、台風が日本に

来襲しやすい気圧配置になっていたためであると説明している。

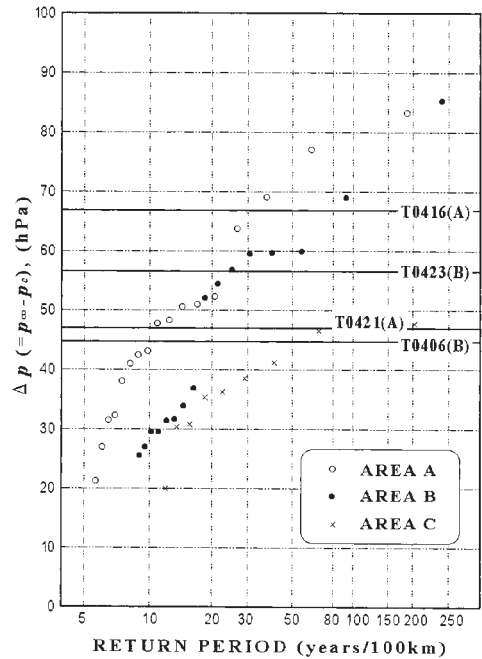


図5 上陸時の Δp の再現期待値, Fujii (1998)のFig.2に4個の台風の解析結果を追加

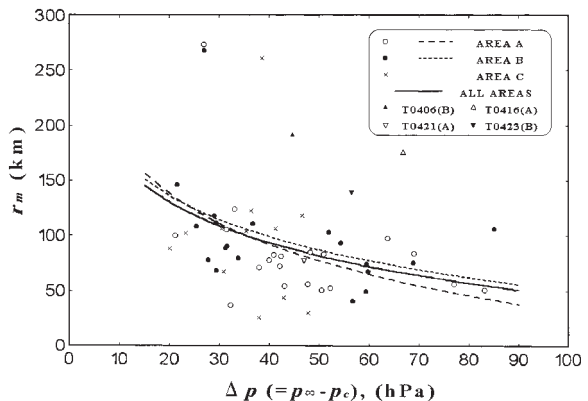


図6 上陸時における Δp と r_m の関係, Fujii(1998)のFig.4に4個の台風の解析結果を追加

次に、著者による過去の研究における結果と比較してみると、2004年に京都を襲った4個の台風には、次のような特徴が見られた。

- (1) Δp の再現期間は、5～13年に相当する。
- (2) Δp のわりには、最大風速半径が大きい傾向が見られる。
- (3) 上陸時の最大風速半径と減衰率は、0423号を除いて、過去の台風とほぼ同じ関係がある。

これらの特徴が近年に上陸した台風に共通なものかどうかについては、1995～2003年に上陸した台風や2005年以降に上陸する台風について解析を実施し、比較検討する予定である。

さらに、今回の解析で得られた気圧場から、今後、傾度風を算出し、これをウィンドプロファイラによる上空風と比較することにより、風速分布の非対称性について調べる予定である。

なお、本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究(C)「バイオリージョナリズムに基礎をおく京都の自然と生活文化に関する調査およびその展開」(研究代表者：勝矢淳雄)の助成を受けて実施した。また、本研究における解析に使用した台風時における海面気圧の資料は、『気象庁月報 (CD-ROM版)』から引用した。これらに対して厚く感謝の意を表したい。

参考文献

- 藤井 健, 1974: 台風域内の気圧場の客観解析法。京都産業大学論集, 第4巻, 第1号, 自然科学系列第4号, pp. 77-90.
- Fujii, T., 1998: Statistical analysis of the characteristics of severe typhoons hitting the Japanese Main Islands. Monthly Weather Review, Vol. 126, pp. 1091-1097.
- 藤井 健, 2002: 近年に京都を襲った台風による風と降雨の特性, 平成13年度共同研究プロジェクト研究成果報告書, pp. 14-29.
- 藤井 健, 2003: 近年に京都を襲った台風による風と降雨の特性 (続報), 京都産業大学総合学術研究所所報, 創刊号, pp. 123-134.
- 藤井 健, 2004: 京都市における強風と大雨の起因となる気象擾乱について, 京都産業大学総合学術研究所所報, 第2号, pp. 109-122.
- 気象庁ホームページ: http://www.jma.go.jp/JMA_HP/jma/index.html
- 気象庁, 2004a: 平成16年台風第16号による8月27日から31日にかけての大雨, 暴風等気象庁災害時自然現象報告書, 2004年第2号, 52pp.
- 気象庁, 2004b: 平成16年台風第21号及び前線による9月25日から30日にかけての大雨と暴風, 気象庁災害時自

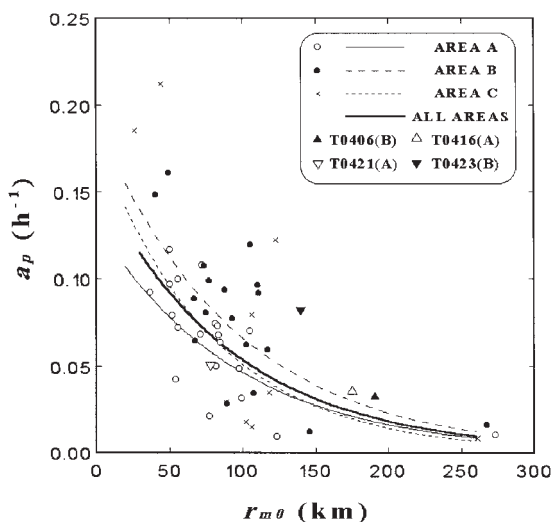


図7 r_{m0} と a_p の間の関係, Fujii(1998)のFig.7に4個の台風の解析結果を追加

然現象報告書, 2004年第5号, 47pp.

気象庁, 2004c: 平成16年台風第23号及び前線による10月18日から21日にかけての大雨と暴風気象庁災害時自然現象報告書, 2004年第6号, 65pp.

気象庁, 2004d: 平成16年夏から秋にかけての集中豪雨・台風等について, 気象庁報道発表資料, 平成16年11月25日, 7pp.

Mitsuta, Y., T. Fujii and K. Kawahira, 1979: Analysis of typhoon pressure patterns over Japanese Islands. *Natural Disaster Science*, Vol. 1, No. 1, pp. 3-19.

日本損害保険協会ホームページ: <http://www.sonpo.or.jp/>

Schloemer, R. W., 1954: Analysis and synthesis of hurricane wind patterns over Lake Okeechobee, Florida. *Hydrometeorological Report, USWB*, No. 31, 49pp.

消防庁ホームページ: <http://www.fdma.go.jp/bn/2004/index.html>