

論文

香川県における観測史上最大の被害台風－1899（明治32）年8月28日の台風－

森 征洋*

An Analysis of the Most Disastrous Typhoon in Kagawa Prefecture: The Typhoon of 28 August 1899

Yukihiro Mori*

Abstract

The typhoon of 28 August 1899 caused the most severe damage in Kagawa prefecture since the beginning of meteorological observation at 1892. The number of deaths was 317. The disaster was caused by the strong wind. Most of the deaths were due to pressure of collapsed houses. From a viewpoint of central pressure depth this typhoon was not so unusual. However, the speed of translation was high and the radius of the maximum wind was small, so that the maximum wind that occurs to the right of the forward motion was strengthened and caused severe damage to wooden houses in the central part of Kagawa.

キーワード：香川県，台風，強風災害，風災

Key words：Kagawa, typhoon, wind damage

1. はじめに

自然災害に対する対策を考える場合，対象とする地域で過去に起きた事例が参考となる。瀬戸内海に面した香川県は，自然災害の少ないところといわれている。しかしながら記録を調べてみると過去には大きな自然災害が起きていることが分か

る。その原因のうちでもっとも頻度が高く被害の大きいものは台風である。

香川県において，1892年7月に多度津で気象観測が開始されて以降，最大の死傷者をもたらした台風は，1899年（明治32年）8月28日の台風である。この台風は多度津において最大風速

* 香川大学教育学部地学教室
Department of Earth Sciences, Faculty of Education,
Kagawa University

本論文に対する討論は平成16年5月末日まで受け付ける。

52.5 m/s の強風記録が残されており、被害は死者 307 人、負傷者 955 人、家屋倒壊 7015 棟に達したと記録されている（多度津測候所，1992）。この死者のほとんどは、強風によって倒壊した家屋の下敷きによる圧死である。この台風は四国各県および岡山県、兵庫県にも大きな災害をもたらした（坪川，1899）。

台風による人的被害の大きい事例は、大雨や高潮、土砂災害によるものが多く、この台風のように強風により 300 人を超える圧死者をもたらした災害は全国的にみても珍しいと思われる。

このような災害が今後起こりうるものなのかどうか考えるためには、台風の特徴が明らかにされていなければならない。しかしながら、大きな風災をもたらした、著しい強風の観測記録が残されているにもかかわらず、中心気圧など、この台風の特徴については、これまで詳しくは調べられてはいない。そこで、光田ほか（1978）によって始められた台風解析の手法をこの台風に適用し、今日の観点から気圧場などの特徴を調べた。

2. 1899 年 8 月 28 日の台風の概要

香川県において気象観測が始まってから今日（2002 年）までの 111 年間に、死者と行方不明を合わせて 10 人以上の被害をもたらした台風は Table 1 に示すとおりである。この中で死者の数など、すべての項目で 1899 年（明治 32 年）8 月 28 日の台風による被害は、他を大きく引き離している。この台風に次いで死傷者の多かった 1976 年の災害は、主として小豆島において大雨によって発生した土石流によるものである。

2.1 台風の進路と天気図

この台風は、およそ 100 年前のものであり、利用できる資料も限られているが、当時でも気象観測は全国 72 地点で行われていた。観測時刻は、毎時観測の地点と 1 日 6 回（02 時、06 時、10 時、14 時、18 時、22 時）の地点とがあった。利用できる資料としては、印刷天気図、中央気象台月報（日および時刻別の観測値が記載されている）、中央気象台年報第二編「低気圧の部」（低気圧の経路図）、明治三十二年多度津測候所気象年報（1900 年発行、以下年報と略記）などがある。この当時、まだ「台風」という言葉は使われておらず、「低気圧」と呼ばれていた。ただし、熱帯「サイクロン」と温帯「サイクロン」の性質の違いは認識されていた（馬場，1900）。暴風雨については「颶風」と記載されている。これらの資料によってこの台風の概要を見てみる。

この台風は Fig. 1 に示すように、奄美大島の東の海上を北東進し、四国西部（この図では愛媛県になるが、実際には東にずれて高知県）に上陸し、四国、中国地方を縦断して能登半島沖の日本海に抜けた。

8 月 28 日 22 時の天気図を Fig. 2 に示す。当時の印刷天気図は 14 時が主で、この時刻の天気図の一部に前日の 22 時の天気図が小さく載せられている。「前日午後十時」となっているのはそのためである。今日の天気図に比べると簡略なもので、中心気圧は書かれていない。等圧線は 5 mmHg (6.7 hPa) ごとに描かれている。同心円状の等圧線が描かれているのは 745 mmHg (993 hPa) までで、750 mmHg (1000 hPa) の等圧線

Table 1 List of typhoons which caused damage of deaths and missing persons more than 10 in Kagawa prefecture.

年	月・日		死者	行方不明	負傷者	家屋全壊	家屋半壊
1899 (明治32)	8. 28	8月28日の台風	307	10	955	7015	4286
1934 (昭和9)	9. 21	室戸台風	18	1	30	938	728
1945 (昭和20)	9. 17-18	枕崎台風	13	0	13	2204	380
1959 (昭和29)	9. 26	洞爺丸台風	8	7	5	275	430
1974 (昭和49)	7. 6	台風8号と前線	29	0	27	51	216
1976 (昭和51)	9. 8-9. 13	台風17号と前線	50	0	126	287	321

* 「多度津の気象百年」（多度津測候所，平成 4 年）
および香川県気象月報による

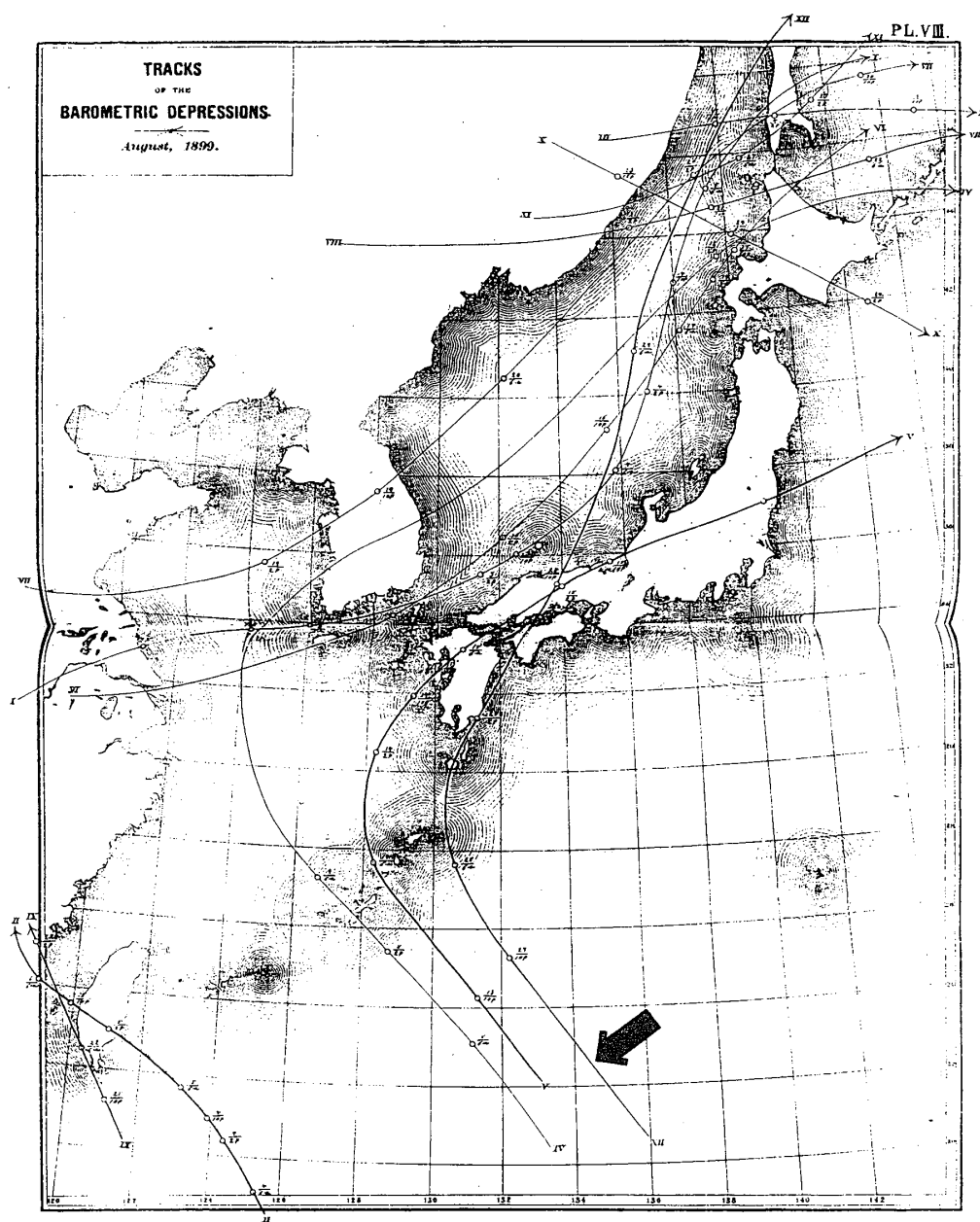


Fig. 1 Tracks of low pressures in August 1899 (the Central Meteorological Office, 1900). An arrow indicates the track of typhoon at 28 August.

は円形にはならない。仮に同心円を拡張した場合の 750 mmHg の等圧線の半径（台風中心から最も近い等圧線までの距離）は 200 km 程度となる。気象庁が以前に用いていた 1000 hPa の等圧線の半径による台風の分類では、半径 200 km 以上 300 km 未満を中型としていたので、この分類では中型に区分される。しかし、同心円状の等圧線が現れる範囲で考えると規模の小さな台風である。

2.2 観測記録

この台風による多度津における気象要素の時間変化を Fig. 3 に示す。多度津測候所は毎時観測の地点であるが、この台風については定時以外の観測値も年報に記載されている。風速について正時の記録は前 1 時間平均、正時以外は前 20 分間平均である。台風の中心は 21 時すぎに多度津に最も接近し、最低気圧 965.8 hPa を記録した。この

時の状況は、「ここに中心は当地に達したようで、電光閃閃、湿気飽充して風力急に減衰し、その間およそ15分で、晴雨計は俄然非常な急昇を来し…」と記されている。ここで「風力急に減衰し」というように、台風の眼の中に入った場合の状況が記されている。実際、風速の記録にも21時過ぎに一時減少が見られることから、台風の眼の中に入ったと考えられる。気温の観測は1時間ごとなので眼の中の昇温が生じていたかどうかは不明である。

その後、風向は21時16分に東から西に時計回りに変化した。21時35分に最大風速（原簿での記載はmax velocity of wind）52.5 m/sに達した。22時には風速37.5 m/s（1時間平均）を記録した。この当時、風速の測定に用いられていたロビンソン風力計（4杯型風速計）は、風程を計測するもので、この最大風速は瞬間風速ではない。年報では「現時示度」と記されているだけで、20分より短い時間の風程より求めたものと考えられるが、その時間は不明である。平均風速の記録から風程指示盤を読み取った時刻を推定すると、21時については、21時00分、10分、15分、30分、

35分になる。35分に観測された「現時示度」の風速は、21時30分から35分までの5分間の風程から求められた可能性が高い。

2.3 観測記録の再検討

このように非常に大きな1時間平均風速と最大風速が観測されているが、これらの観測値を今日解釈する場合、測器の変更および評価時間に伴う問題を考慮しなければならない。多度津測候所で瞬間風速の測定が可能なダインス風圧計が使用されるようになったのは1911年からである。1925年1月1日ロビンソン係数の訂正により、従来の

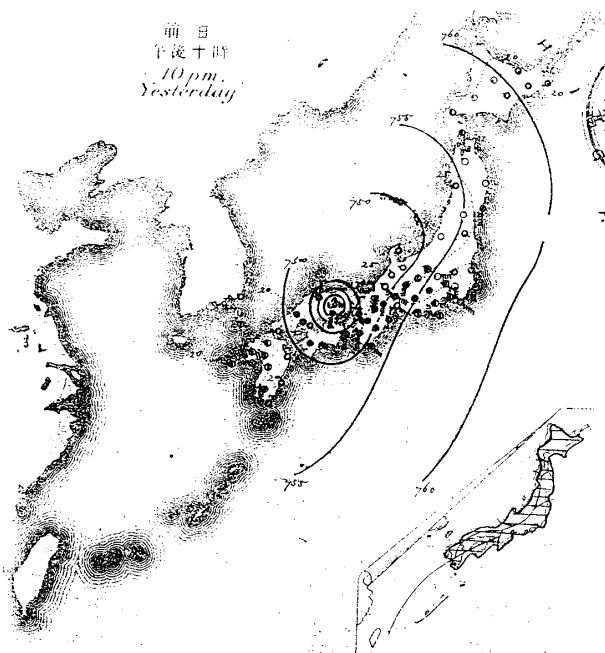


Fig. 2 Weather map of 2200 JST 28 August 1899. This map was put in the same sheet of main map of 1400 JST 28 August 1899.

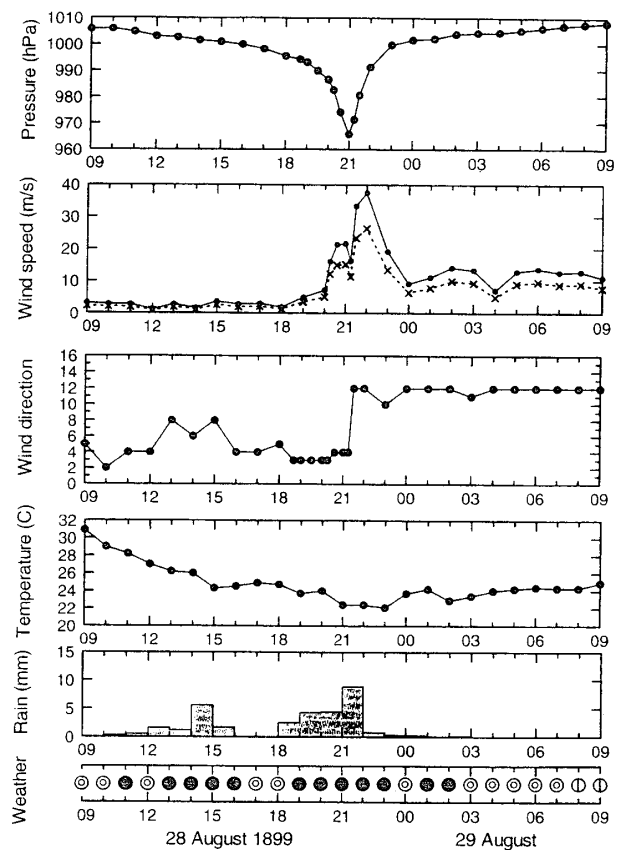


Fig. 3 Time series of meteorological elements at Tadotsu from 28 to 29 August 1899. In the figure of wind speed, the solid line indicates the reported wind speeds and the dashed line the revised ones. The bottom figure shows the weather. The closed circles indicate rain, the double circles cloudy weather and the circles with vertical bars fair weather.

ロビンソン風力計（4杯型風速計）による観測値に係数0.7を乗じたものを改正風速とすることになった（気象庁，1990）。この補正を行うと22時の1時間平均風速は26.3 m/s，21時35分の最大風速は36.8 m/sとなる。Fig. 3の平均風速にはこの補正を行った場合も示してある。

その後制作された4杯型風速計は係数が1.0のものとなり，さらに1949年から風洞実験公式による風速の補正が行われるようになった（気象庁，1990，昭和25年版気象常用表）。気象庁の統計指針では，この補正は以前の風速記録には適用することにはなっていないが，風洞実験公式が係数0.7の4杯型風速計に適用できるとして，この補正を行って見ると，22時の1時間平均値は26.6 m/s，21時35分の最大値は35.3 m/sとなる。補正值は風速に依存するため，これらの風速領域での補正值は小さい。

さらに，風杯型風速計による平均風速の測定には，回りすぎによる過大評価の問題がある。気象官署では1961年から風速計を4杯型から3杯型に変更した。4杯型と3杯型の比較観測から，3杯型では平均風速は約10%減少することが報告されている（篠原，1958；光田，1970）。その後，風速計は1975年より3杯型から風車型に変更された。風車型による平均風速は3杯型による値に比べて約10%小さくなることが報告されている（光田，1970；気象庁観測部統計課，1979，1980）。石原ほか（2002）はこれまでの調査研究を検討し，風洞実験公式を適用していない4杯型風速計の測定値から3杯型への補正係数を0.95，3杯型から風車型への補正係数を0.90と見積もっている。

この補正係数を用いて風車型で測定した場合の値に変換してみる。補正係数の精度は高くないので，変換後の数値の小数点以下は省略する。この補正を行うと，1時間平均風速は23 m/sとなり，最大風速は32 m/sとなる。この平均風速は台風の眼の中に入っていた約15分間も含む1時間平均値であり，最大風速は評価時間が不明（推定5分間）である。評価時間10分間の最大風速は23 m/sより大きく32 m/sより小さかったと推定される。

2.4 台風の特徴

この台風は，およそ100年前の当時であっても，突然香川県に襲来したのではなかった。多度津測候所は，当日午前10時に，「今日の夜明け，九州の南の奄美大島付近に暴風の中心が出現し，進行方向は不明であるが，気圧が低下し，気象が悪化している」という発表を行い，午前11時には警報を発し暴風雨に対する警戒を呼びかけている（香川新報，明治32年9月）。

多度津測候所における観測記録が年報および「香川県史」に記載されている。この記録より，この台風の特徴を検討してみる。

台風中心は高知測候所付近を20時に通過し，多度津測候所付近を21時に通過しているので，四国縦断中の移動速度は80 km/hと推定されている。

台風中心が多度津付近を通過した後の移動速度について検討してみる。多度津付近を台風中心が通過する際の気圧の変化は，通過前には1時間に20.8 hPa低下で，通過後は1時間に25.5 hPaの増加であった。台風の気圧場が同心円状で，移動速度が一定ならば，台風中心が多度津近くを通過する際に，通過前後における気圧の時間変化率の絶対値は同じ値になるはずである。気圧場が楕円状であっても，軸対称で進行方向が変わらなければ，気圧の時間変化率の絶対値は同じ値になる。台風の気圧場が進行方向に対して，軸対称になっていない可能性もあるが，台風中心が多度津付近を通過した後，移動速度が早くなったとも考えられる。台風の気圧場が同心円状であると仮定して，気圧の時間変化から，多度津付近を通過後の移動速度を求めると，98 km/hとなる。この結果は仮定を含んでおり，台風の減衰を考慮していないので過大評価になっている可能性もある。年報によると台風中心は多度津付近を通過後は時速60マイル（96 km/h）で日本海に抜けたと記されている。年報の記載とこの推定値とはほぼ一致している。以下では，年報で示されている移動速度を用いて検討する。

台風の構造が軸対称であると仮定して，中心から最大瞬間風速が出現したところまでの距離であ

る最大風速半径を求める。多度津測候所の近くを台風中心が通過した時刻から、最大風速が観測されるまでの時間 35 分と、移動速度 96 km/h を用いると、最大風速半径は 56 km となる。しかしここでの最大風速は観測時刻前の特定時間の平均値であり、瞬間最大風速は観測時刻の前に生じているので、最大風速半径はこれより小さくなると考えられる。気圧に関して、「午後 9 時には気圧計の示度は最低となり、965.8 hPa を示した。」「夜半には気圧 1001.9 hPa に回復」と記載されているので、このことから中心気圧低下量を推定すると 36.1 hPa 以下となる。

この台風の特徴をまとめると次のようになる。

- (1) 台風中心は多度津測候所の西側を 8 月 28 日 21 時頃通過した。多度津測候所は 21 時から 15 分くらい眼の中に入った。21 時に最低気圧 965.8 hPa (海面気圧) を示した。中心気圧はこれより少し小さい値と推定される。
- (2) 台風の移動速度は、中心が多度津付近に達するまでは 80 km/h であった。台風中心が多度津付近を通過後は、移動速度が速まり、96 km/h となったと推定される。台風の中心気圧低下

量は 36.1 hPa より大きく、最大風速半径は 56 km より小さかったと推定される。

2.5 台風による被害

この台風による香川県における被害の状況は資料によって異なっている。当時香川県で発行されていた日刊新聞「香川新報」にはこの台風の被害が詳しく報じられている。9 月 8 日付の香川新報には、香川県庁が調査を行い、9 月 7 日に発表した各行政区別の被害統計が掲載されている。この新聞報道による被害状況は Table 2 に示すとおりである(森・土田, 2000)。死者は圧死者 313 人とその他の死者 4 人合わせて 317 人になる。死者数や家屋倒壊数などの被害の状況は、多度津測候所(1992)で示されている値と比べると、行方不明が 1 人少ない他は、死者数などいずれも上回っている。気象台関係資料による岡山県における被害状況も Table 2 に示した。岡山県でも大きな被害が発生しているが、香川県の方が被害は甚大である。

この台風による雨量は、香川県では少なく、Fig. 3 に示すように多度津における 1 時間雨量の

Table 2 Damage caused by the typhoon of 28 August 1899 in Kagawa and Okayama.

香川県						
郡・市	圧死者	死者(その他)	行方不明	負傷者	家屋全壊	家屋半壊
大川郡	9	1	0	31	188	89
木田郡	39	0	0	179	1325	277
小豆郡	5	1	0	31	259	208
高松市	1	0	3	4	39	43
香川郡	102	1	0	523	2014	571
綾歌郡	112	0	3	401	2460	788
丸亀市	0	0	0	0	2	0
仲多度郡	29	1	1	95	571	116
三豊郡	16	0	2	31	254	106
合計	313	4	9	1295	7112	2198

岡山県					
	死者	行方不明	負傷者	家屋全壊	家屋半壊
美作	13	0	77	891	324
備前	86	0	383	2851	1421
合計	99	0	460	3742	1745

〔岡山県の気象〕(平成 3 年 2 月, 岡山地方気象台)

最大値は 8.9 mm に過ぎなかった。雨による被害としては、西部の一部で床下浸水があった程度で、災害は強風によるものである。

一方、愛媛県では、大雨が原因で別子銅山において、大規模な土石流が発生し死者 513 人の災害が発生した（力武・竹田，1998）。愛媛県全体の死者は 662 人に達した。中国・四国地方では死者 1161 人などの大きな災害をもたらした（台風の事典編集委員会，1998）。死者の数としては、愛媛県の方が香川県より多かった。

香川県における当時の行政区別の被害状況により、被害率を検討してみる。死者数を人口 10,000 人あたりに換算して、死者率にして行政区別に示すと Fig. 4（図中上段の数値）のようになる。また、住家の被害率についても検討する。そのためには、当時の戸数が必要であるが、郡市については人口しか分からなかった。しかし、1899 年における香川県全体の人口（707,127 人）と戸数（133,753 戸）が分かったので、当時の 1 戸あたりの人数は平均すると 5.3 人であることが分かる。そこで、530 人あたりの全壊率を求め、Fig. 4（図

中下段の数値）に示した。これは、100 戸当たりの被害家屋数に相当する。高松市および丸亀市の範囲は、今日とは大きく異なっている。死者率、家屋全壊率ともに台風中心の経路の右側の地域で大きくなっている。100 戸あたりの推定全壊率は香川県中央部で 11~12 戸となっており、約 1 割の家屋が倒壊したと推定される。この図から全壊率と死者率はよく対応しており、死者のほとんどが圧死であったということを裏付けている。

西日本における当時の測候所の位置を Fig. 5 に示す。台風の中心が多度津付近を通過した 21 時間後の時刻としては、22 時は観測データが多いが、21 時は少ない。また、22 時についても現在より観測所は少ない。そのため、ここでは次のような方法で天気図を描いた。

台風の勢力の減衰が小さく、等圧線の形がほとんどそのまま移動していると思えることのできるような時間帯においては、観測値を台風の中心に対して相対的に重ね合わせることができる。すなわち、ある 1 地点の気圧の時間変化を台風の中心の移動方向に対して並ぶ線上の空間分布として表

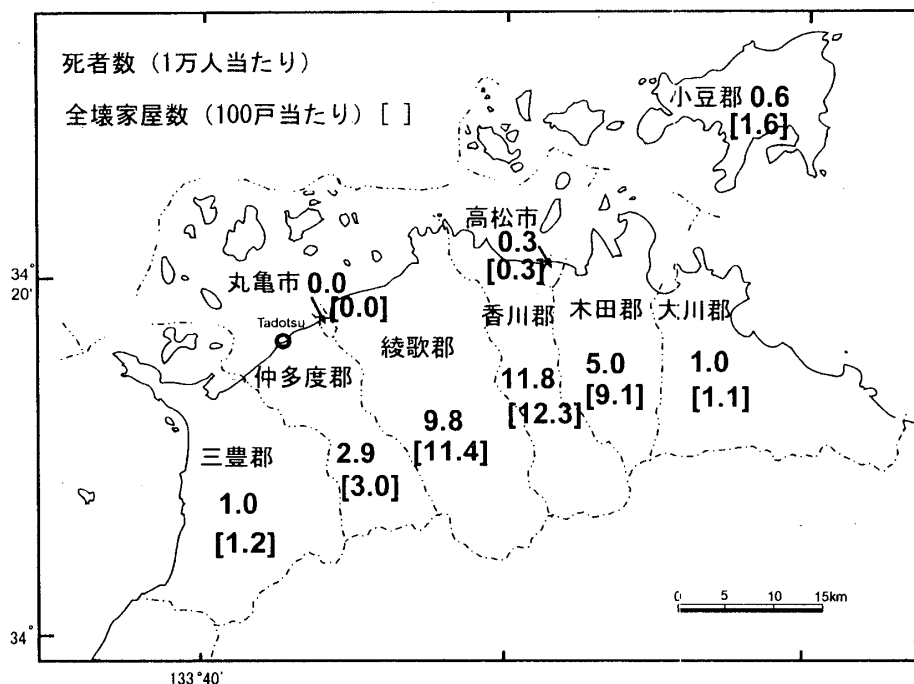


Fig. 4 Distribution of disasters. Rate of deaths per 10,000 persons (upper) and rate of totally destroyed houses par 100 houses (lower).

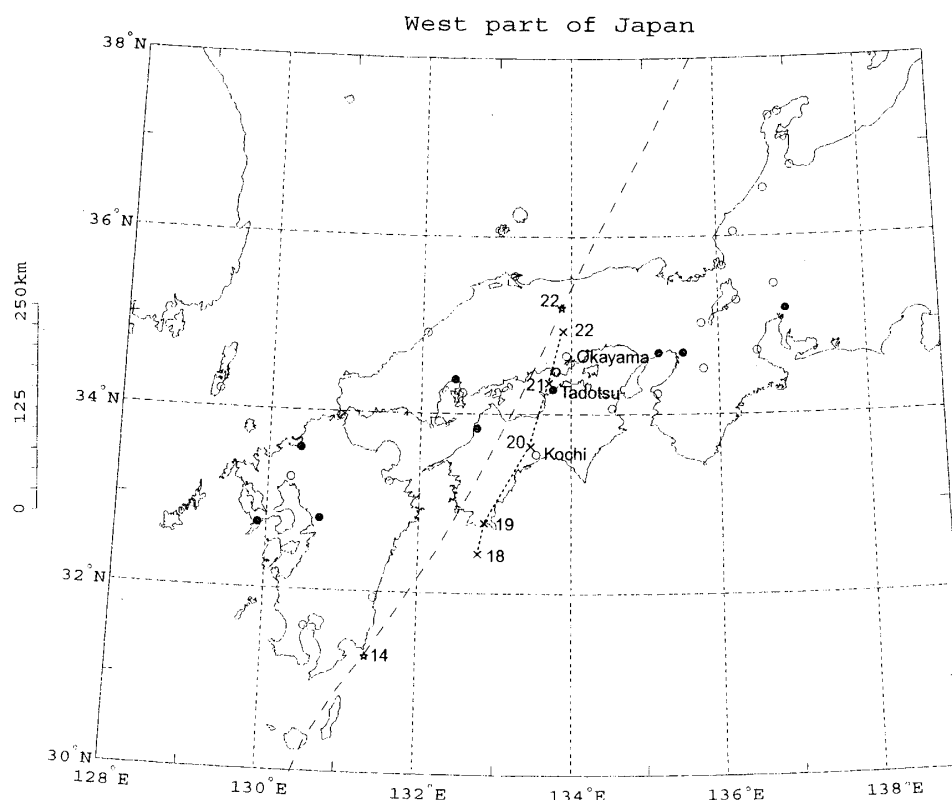


Fig. 5 The distribution of meteorological observation sites in the western part of Japan. Black circles indicate the sites where meteorological observation was made every hour and open circles indicate the sites of 6 times observation per day. Asterisks indicate the situations of the center of the typhoon at 14 h and 22 h estimated by the Central Meteorological Office. Crosses indicate the situation of the center of typhoon at 20 h, 21 h and 22 h estimated by the objective analysis.

することができる。この方法は Cline によって "horn-card technique" と呼ばれている（藤井，1980）。このような手法によって，観測点間の空白の場所において観測値を与えることができるようになり，単一の時刻の観測資料のみによる解析よりも，信頼性の高い解析を行うことができる。

この方法を用いて描いた 8 月 28 日 21 時の天気図を Fig. 6 に示す。先の Fig. 2 の 22 時の天気図の場合と同様，気圧の急激な減少は，台風中心から半径約 200 km の範囲で生じている。この台風は規模が比較的小さい台風であったにもかかわらず，著しい強風を生じ，大きな風害をもたらした。この原因は移動速度が非常に大きかったことが関係していると考えられる。このことについて次に検討する。

3. 台風域内の気圧分布式による客観解析

3.1 気圧場の解析

台風域内の気圧分布を表す式としてさまざまな式が提案されているが，ここでは気圧場の解析に，Mitsuta ほか（1979）によって日本に上陸した台風の気圧分布を表すの適していることが確かめられている Schloemer の式を用いた。この式は次のように表される。

$$P(r) = P_c + (P_\infty - P_c)e^{-\frac{r_m}{r}} \quad (1)$$

ここで， $P(r)$ は中心からの距離 r における気圧， P_∞ ， P_c はそれぞれ台風の周囲の気圧および中心気圧である。 r_m は最大旋衡風速半径である。気圧分布は，中心位置および三つのパラメータの値によって表される。

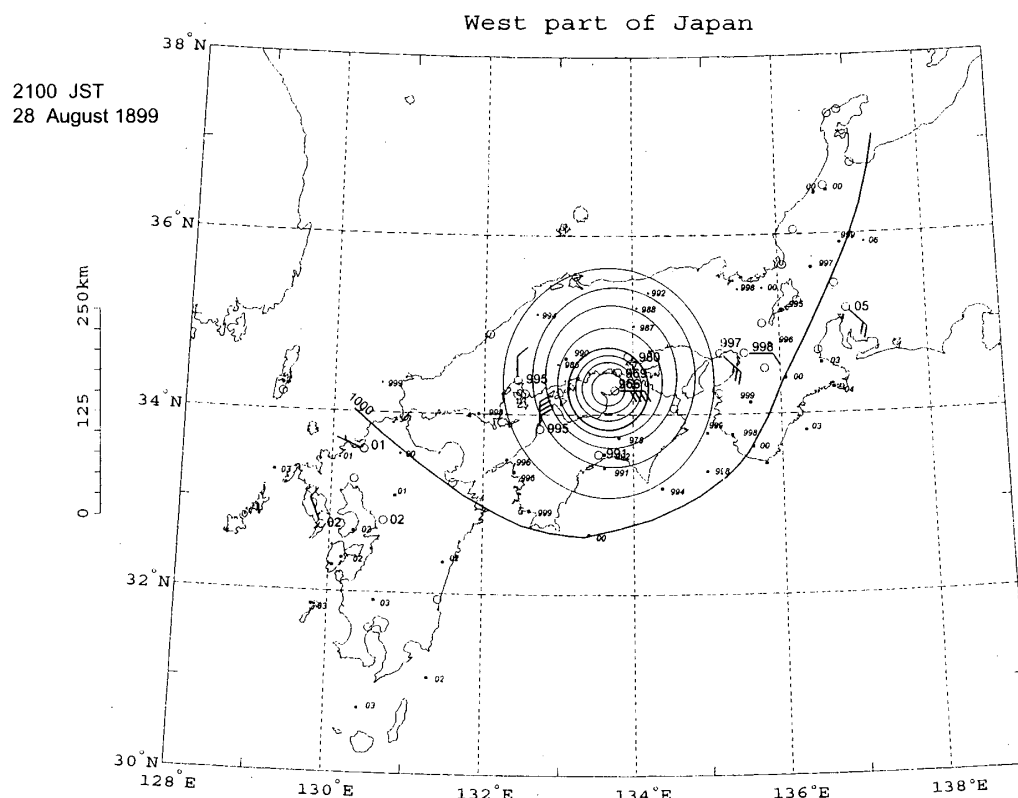


Fig. 6 Weather maps. Isobars are plotted at intervals of 4 hPa. A full feather on the arrow shaft equals 5 m/s, a half feather 2.5 m/s and a pennant 25 m/s, respectively. (a) 21 h (b) 22 h

藤井 (1974) は、台風域内の多数の気圧データを用いて、台風の中心位置と三つのパラメータを客観解析によって決定する方法を開発している。しかしながら、この台風の場合、気圧観測地点が少ないので、藤井の方法をそのまま適用することはできない。そこで、ここでは次の方法によって、中心位置やパラメータを決定する。

(1) 式を次のように変形する。

$$\ln \frac{P(r) - P_c}{P_\infty - P_c} = -\frac{r_m}{r}$$

左辺を y とおき、 $1/r$ を x とおくと、この式は

$$y = -r_m x$$

の形の式となる。

ある時刻における各地点の気圧の観測値より台風中心位置と P_∞ , P_c が与えられれば、 y と x の値が求められるので、 y と x のデータセットから r_m

を最小二乗法で決定することができる。しかしながら台風中心位置と P_∞ , P_c の値は既知ではない。そこで次の方法でこれらの値を決定した。

- (1) まず台風中心位置および P_∞ , P_c の値を適当に与えて r_m の値を求める。
- (2) 次に、台風中心位置および P_∞ , P_c の値を少しずつ変化させて r_m の値を求める。具体的にはこれらの組み合わせを計算機の中で多数作る。
- (3) これらの値の組み合わせによって気圧分布式から求められる気圧分布と実際の気圧分布を比較し、最も合う組み合わせを求める。最初は大まかにいき、範囲を狭めていく。

気圧分布に Schloemer の式を適用して求めた 20 時、21 時、22 時における P_∞ , P_c , 中心気圧低下量, r_m は Table 3 に示す。

観測記録から推定した台風の中心気圧低下量は 36.1 hPa より大きく、最大風速半径は 56 km 以

下であった。一方、客観解析による中心気圧低下量は 42 hPa, 最大風速半径は 41 km で、客観解析による結果とは矛盾しない。

客観解析によって求めた台風中心の位置を Fig. 5 に示す。中央气象台 (1907) による 14 時と 22 時の中心位置および経路も示した。中央气象台による経路は 14 時と 22 時の位置を直線で結んだ簡単なものであるが、四国縦断時には、もっと東側に寄っていたと思われる。客観解析による 22 時の中心位置は 25 km ほど南にずれている。多度津における気圧場の変化傾向から推定した移動速度より求められる 22 時の中心位置は中央气象台によるものに近い。気圧データが少ない地域なので、客観解析による中心位置は岡山の気圧データの影響を強く受けているのではないかと考えられる。

Mitsuta ほか (1979) によって調べられた日本に上陸した 38 個の台風の統計と対比してこの台風の特徴を見てみる。四国・近畿に上陸する台風の中心気圧低下量の 50 年再現確率は 65 hPa であったから、上陸後の減衰を考慮しても中心気圧低下量の大きな台風であったとはいえない。しかしながら、移動速度は多度津附近に到達する前は 80 km/h, 通過後は 96 km/h と推定され、大きかった。調査された 38 個の台風のうち、上陸後の移動速度が 80 km/h 以上のものは 2 例しかなかった。台風の統計では、上陸時の移動速度の平均は 40 km/h であったから、移動速度は平均より 2 倍以上早い台風であったといえる。最大風速半径の平均は 95 km (上陸時の中心気圧 960 hPa 以下の台風では 71 km) であったから、この台風の最大風速半径は小さかったことがわかる。

3.2 風場の解析

台風域内の風の分布を理論的に求めてみる。地表面摩擦の及ばない高さでの風 (friction free wind) の分布は、移動速度を考慮した傾度風速で表される (光田ほか, 1978 ; Mitsuta and Fujii, 1986)。台風中心からの距離を r , 台風の進行方向に対して反時計回りに測った角度を α とする。台風の移動速度を C とすると、傾度風速は、次式で表される。

$$V_{gr} = \frac{C \sin \alpha - rf}{2} + \sqrt{\left(\frac{C \sin \alpha - rf}{2} \right)^2 + \frac{r}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r}}$$

なお、この式は Blaton の式により等圧線の曲率半径が流線のそれと等しいという仮定から運動学的に導出されたものであり、気圧場が移動しているとき、力学的見地からは問題が指摘されている (藤部, 1996)。この点については検討を要するが、本研究では、台風の移動が風速分布に与える効果をこの式により表すことにする。気圧傾度は Schloemer の式から求めることができ、次式で表される。

$$\frac{\partial P}{\partial r} = \frac{(P_{\infty} - P_c) r_m}{r^2} e^{-\frac{r_m}{r}}$$

台風の中心を通り、進行方向に直角方向の風速分布を Fig. 7 に示す。この方向は、台風の進行方向右側の強風域の中心を通る。この図には、中心気圧低下量はこの台風と同じ 42 hPa で、移動速

Table 3 Parameters for the typhoon at 20 h, 21 h and 22 h. P_c is the central pressure, P_{∞} the outer pressure, ΔP the central pressure depth and r_m the radius of maximum wind.

時刻	P_c (hPa)	P_{∞} (hPa)	ΔP (hPa)	r_m (km)
20時	960.5	1006.6	46.1	42
21時	965.1	1007.0	41.9	41
22時	967.7	1005.2	37.5	35

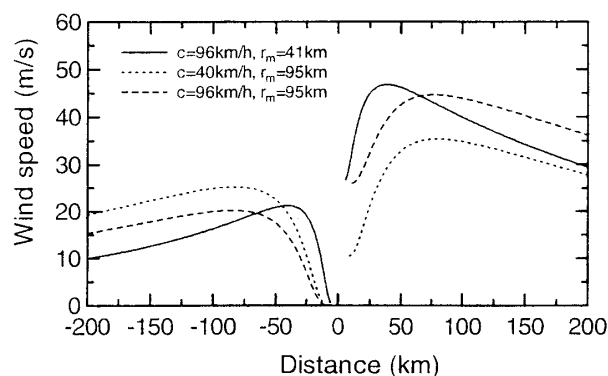


Fig. 7 Wind speed profiles along the line which passes by the center of typhoon and is at right angles to the direction of progress.

度と最大風速半径を日本に上陸した台風の統計の平均的な値（最大風速半径 95 km, 移動速度 40 km/h）として計算した結果および移動速度を 96 km/h とした場合の結果も比較のために示す。中心付近は計算がうまくできないので除いてある。中心気圧低下量はこの台風と同じで、移動速度と最大風速半径が平均的な値の台風と比べて、進行方向右側の強風域の風速は大きくなる。最大風速半径を平均的な値とし、移動速度をこの台風と同じにした場合に比べてもこの値は大きい。したがってこの台風は、中心気圧低下量が小さかったにもかかわらず、移動速度が大きく、加えて最大風速半径が小さかったため、右側の強風域の風速が平均的な台風より大きくなったものと考えられる。45 m/s を越える強風域は進行方向に対して中心から 20-76 km 東側にあり、最大値は 40 km 付近で 47 m/s となっている。

このモデルを地図上で対応させてみると、台風中心が多度津附近を通過中に、大川郡付近で南よりの風がもっとも強くなることになることになる。しかし、実際の強風災害は、台風中心が香川県を通過した後に発生している。これは地形的な要因によるものと考えられる。香川県の南側には四国山地が東西に延びており、香川県では東西方向の風が吹きやすい（森, 1985）。香川県中央部ではモデルの風が南よりになる場合には四国山地の風下側になるため風は強くなりにくい。モデルでの右側強風域は、円弧に沿って前方と後方に広がる。台風中心が多度津附近を通過後、吹き返しの風は西よりになり、香川県中央部は台風中心から 40 km くらい離れた強風域に入る。このときの強風域の分布と圧死者の多かった地域とはよく一致している。藤井・光田（1999）は、紀伊半島に上陸した台風について調査し、台風によっては中心後面の吹き返しの強風が著しく大きくなる場合があることを明らかにしている。ただし、この台風が中心後面で強風が生ずるタイプの台風であったかどうかは不明である。

4. 風および災害の再検討

多度津測候所における日最大風速の極値の順位

表（1893年－2002年）では、この台風は第4位（26.3 m/s, W）に位置づけられている。ここでの値は当時の正規の観測値である22時の1時間平均値が用いられている。第1位（32.6 m/s, NNW）は1934年9月21日の室戸台風によるものである。1899年8月28日の台風で、正規の時間以外に測定された最大風速（補正後の値 36.8 m/s）をこの順位表に適用すると、この台風が第1位となる。室戸台風の場合、香川県は台風中心の経路の西側になっていたが、多度津付近を通過したこの台風の場合、多度津での最大風速よりも大きな強風が香川県中央部で吹いたことが被害分布や理論的なモデルから推定される。しかしながら、高松地方気象台で観測が始まったのは1941年からであり、この台風による高松での風の記録はない。

この台風の風の記録は、順位表など統計的な接続を考える場合には、定時の観測値に補正を行った値が使用されている。一方、気象災害の記録では、過去の災害の記事がそのまま引用されることがあるため、当時の観測値がそのまま載せられている場合がある。したがって災害の記事を見る場合には当然のことながら、観測方法の変遷に注意する必要がある。

この台風は中心気圧や中心気圧低下量の点から見ると特別な台風ではなかった。しかしながら、移動速度が日本に上陸した平均的な台風の2倍という特異な台風であった。加えて最大風速半径が小さかったため、台風の進行方向右側での強風域における風速が大きかったと考えられる。このことは今日の台風研究から理論的には説明できることである。しかしながら、気圧場からは特別な台風でなくても、移動速度が非常に大きかったため、大きな強風災害をもたらした実際の事例があることは、古い時代の台風であっても防災対策上注目される。この台風と同じ特性をもった台風が同じ経路で香川県の西部を中心に通過すると、香川県の中央部で平均風速 30 m/s を超える暴風が生ずる可能性があることを示している。

この台風は大きな風害をもたらしたが、強風による建物倒壊は建物の耐風性に関係する。日本は

しばしば地震や台風に襲来されているにもかかわらず、建物の耐震・耐風性は非常に弱く、明治期の木造建築にはほとんど筋かいが用いられていなかった（松村，1972）。1934年（昭和9年）9月の室戸台風による風害の調査によると、筋かいなど耐風構造を取り入れた建物にはほとんど被害が見られなかったことが報告されている（田辺・勝田，1935）。香川県における住宅建築工法についての聞き取り調査によると、筋かいを用いるようになったのは1950年から1960年にかけてであると考えられている（福濱，2001）。

この台風で建物倒壊により死傷者が多数出たことは、強風の発生に加えて、当時の住家の耐風性が低かったことも大きく関係していると思われる。

5. まとめ

香川県において観測史上最大の死傷者、建物倒壊の災害をもたらした1899（明治32）年8月28日の台風について、解析を行った。この台風により、多度津では最大風速52.5 m/sの定時外の観測記録が残されている。風速計の変遷を考慮し、ロビンソン風力計（4杯型風速計）の補正を行うと最大風速36.8 m/sとなる。さらに今日の風車型に換算すると32 m/sになると推定される。この記録も考慮すると、この台風は香川県における観測史上最大の平均風速を生じたことになる。

この台風による香川県における被害を再検討して見ると、多度津測候所（1992）で示されているものより、行方不明を除いていずれも大きく、死者317人、行方不明9人、負傷者1295人、全壊家屋7112棟、半壊家屋2198棟であった。この被害は強風によるもので、死者のほとんどは家屋倒壊による圧死である。

この台風の移動速度は、中心が多度津付近に到達するまでは80 km/h、通過後は96 km/hと推定される。客観解析によって中心気圧を推定すると、965.1 hPaとなった。また中心気圧低下量は42 hPa、最大風速半径は41 kmであった。この台風は、中心気圧や中心気圧低下量の点から見ると特別な台風ではなかった。しかしながら、移動速度が非常に早い台風であったため、台風の進行

方向右側の強風域における風速が大きくなり、大きな災害をもたらしたと考えられる。過去にこのような事例があることは、今後も香川県の内陸部でこの例のような暴風が吹く可能性があることを示している。

謝 辞

この研究を行うにあたって、有益なご助言をいただいた京都産業大学藤井健教授に感謝します。査読者の方々には貴重な指摘をいただきましたことに感謝します。また、資料閲覧の便宜を図っていただいた高松地方気象台および多度津測候所に感謝します。高松地方気象台（当時）の鷲田治氏には、同気象台にある古い資料の存在について教えていただき、当時の印刷天気図の現物や関連資料を閲覧することができたことに感謝します。この研究は京都大学防災研究所平成11年度共同研究集会「気象災害の被害調査法に関する研究集会」の一環として行いました。

参考文献

- 石原 孟，日比 一喜，加藤史之，大竹和夫，松井正宏：日本各地の年最大風速データベースの構築と器差補正，日本風工学会誌，第92号，5-14，2002。
- 馬場信倫：気象学，嵩山房，pp.258-290，1900。
- 中央気象台：明治三十二年中央気象台年報第二編低気圧の部，pp.18-48，1907。
- 福濱嘉宏：日本の木造住宅の100年，第5章各地の木工技能と木造住宅，日本木造住宅産業協会，p.271，2001。
- 藤井 健：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，pp.77-90，1974。
- 藤井 健：台風の気圧場の解析（実習）．第2回夏季大学「新しい気象学」教室テキスト－台風をめぐって－，日本気象学会関西支部，pp.13-16，1980。
- 藤井 健・光田 寧：台風時における気圧場から計算した風速と実測された風速との関係（第3報）－台風9807号についての解析－，京都大学防災研究所年報，第42号B-1，pp.289-299，1999。
- 藤部文昭：移動する台風の気圧分布を表す計算式について，天気，第43巻，pp.671-680，1996。
- 香川県：香川県史第三篇，上巻，pp.475-478，1910。
- 気象庁：地上気象観測統計指針，付録1（14-17），1990。

- 気象庁観測部統計課：風の測器変更に伴う統計の接続問題について，測候時報，第46巻，pp.139-142，1979.
- 気象庁観測部統計課：霧及び風の累年平均値の統計接続判定方法の変更について，測候時報，第47巻，pp.225-237，1980.
- 光田 寧：種々の風速計の比較について，京都大学防災研究所年報，第13号A，pp.441-448，1970.
- 光田 寧，文字信貴，塚本 修，浅井東洋：八重山群島を襲った台風5号(7705)の気象学的特性について，京都大学防災研究所年報，第21号B-1，405-415，1978.
- Mitsuta, Y., T. Fujii and K. Kawahira : Analysis of typhoon pressure patterns over Japanese Islands. *Natural Disaster Science*, Vol.1, No.1, pp.3-19, 1979.
- Mitsuta, Y., and T. Fujii: Synthesis of typhoon wind patterns by numerical simulation. *Natural Disaster Science*, Vol.8, No.2, pp.49-61, 1986.
- 森 征洋：地衡風と地表風との対応について－多度津・岡山の場合－，天気，第32巻，523-529, 1985.
- 森 征洋，土田美樹：香川県における最大被害台風について－1899(明治32)年8月28日の台風－，香川大学教育学部研究報告，第Ⅱ部，No.50，pp.45-58，2000.
- 岡山地方气象台：岡山県の気象，p.82，1991.
- 力武常次，竹田 厚(監修)：日本の自然災害，国会資料編纂会，pp.445-447，1998.
- 篠原武次：三杯風速計の実用試験結果について，研究時報，第10巻，pp.49-52，1958.
- 台風の事典編集委員会：CD-ROM 台風の事典，丸善，1998.
- 多度津測候所：明治三十二年多度津気象年報，pp.1-4，1900.
- 多度津測候所：多度津の気象百年，p.45，1992.
- 高松地方气象台：香川県気象災害誌，82 p，1966.
- 田辺平学，勝田千利：風害の特異性並びに筋違・控柱の効果，建築雑誌，第49巻，pp.1-26，1935.
- 坪川辰雄：四国を經過せし暴風の状況，風俗画報，第197号(臨時増刊「各地災害図會」)，pp.39-63，東洋堂，1899。(復刊CD-ROM版，ゆまに書房)
- 松村貞次郎：構造発達史の概観，近代日本建築学発達史，丸善，pp.7-22，1972.

(投稿受理：平成14年8月22日)

訂正稿受理：平成15年9月22日)