

日本の降雨極値データに見る長期変化傾向 ～地球温暖化の影響、有りや無しや～

唐沢 好男

発表の概要

電波伝搬特性に影響を与える気象現象の研究分野は電波気象と呼ばれ、電波の減衰を引き起こす降雨はその代表的なものである。そのため、世界各地において、降雨強度特性のモデル化が行われ、そのデータベースが無線回線の降雨減衰推定に利用されている。降雨特性は年毎のばらつきが大きいので、確率的に安定な特性を得るには10年20年のデータ蓄積が求められる。一方、近年、地球温暖化問題が言われ、世界の気温は百年で 0.73°C の、我が国でも 1.21°C 上昇が指摘されている。このような長期的な変化が降雨特性にも現れれば、これまで、回線設計に利用されている降雨強度データベースも、いずれは見直しが必要になろう。そこで、本発表では、我が国の降水量に着目し、年間最大値データ(極値データ)の統計的性質を信頼区間推定により調べる。データは、気象庁が100年を超える長期間の気象データをホームページで公開しており、その中の、年毎の日・1時間・10分間の最大降水量を用いる。はたして、長期的傾向が降雨特性に現れているのだろうか。

この発表の動機

- ・地球温暖化問題とヒートアイランド現象

降雨の特性に影響が現れているかどうかへの興味

- ・気象観測データの充実(気象庁:100年スケール)

- ・気象データ入手の容易性(特に年間最大値)

(気象庁:ホームページ公開)

- ・時間的余裕ができ、手間暇掛かる単純作業もOK

発表の内容

1. 解析の道具

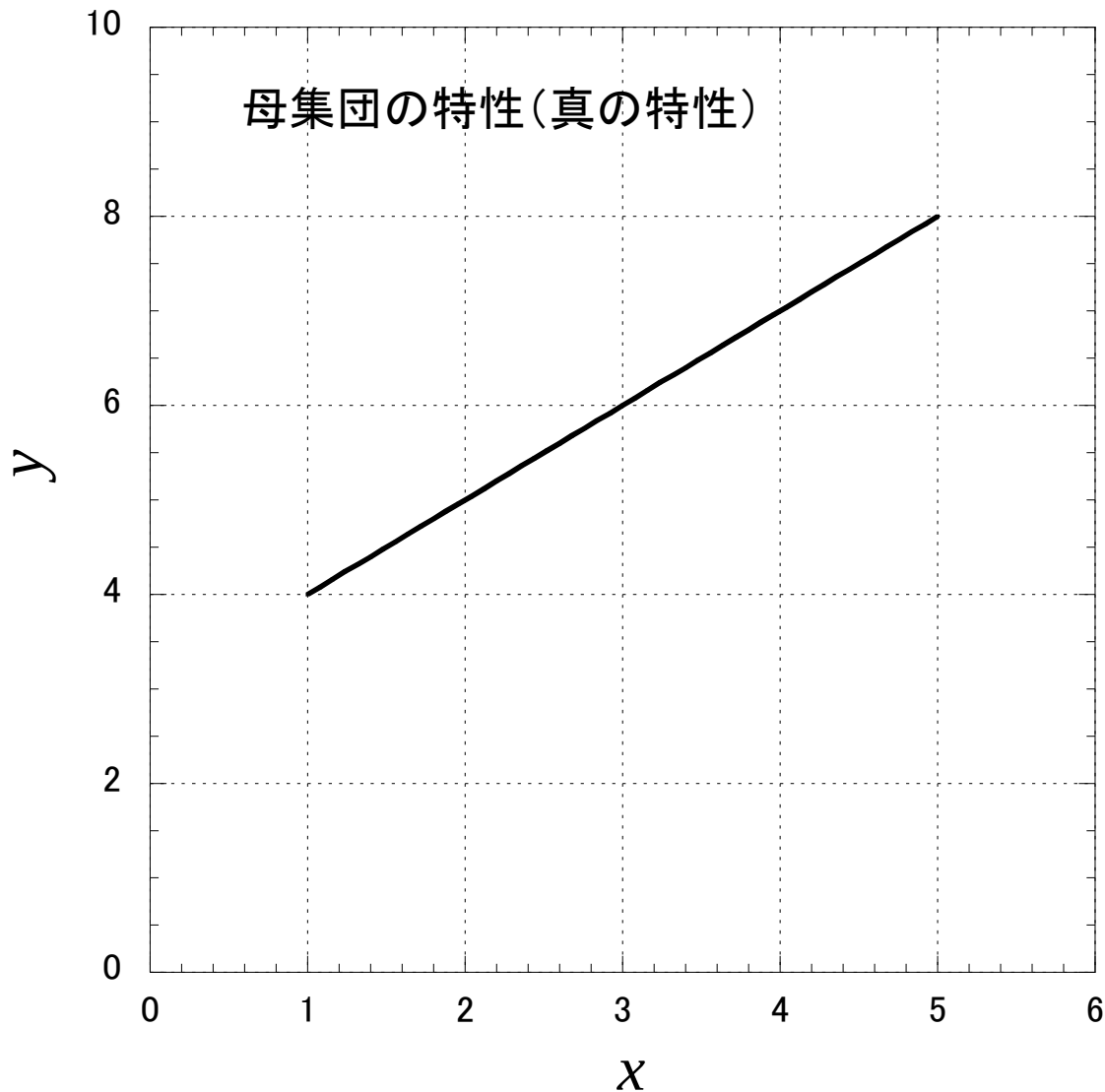
- ・回帰分析(回帰直線と信頼区間)

2. 気象データ

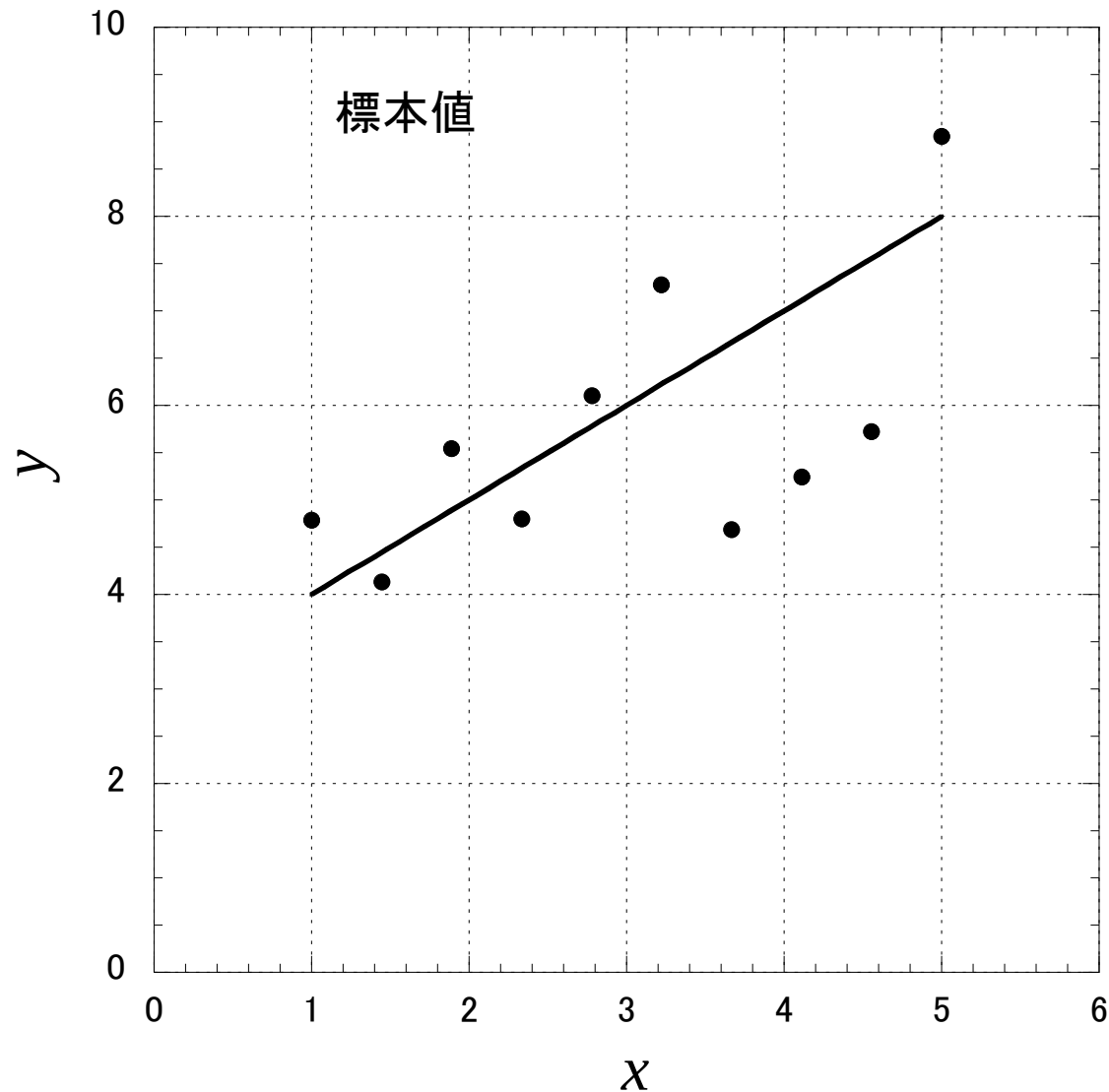
3. 降雨特性極値データの長期的傾向

- ・地点データで見る
- ・多地点データで見る

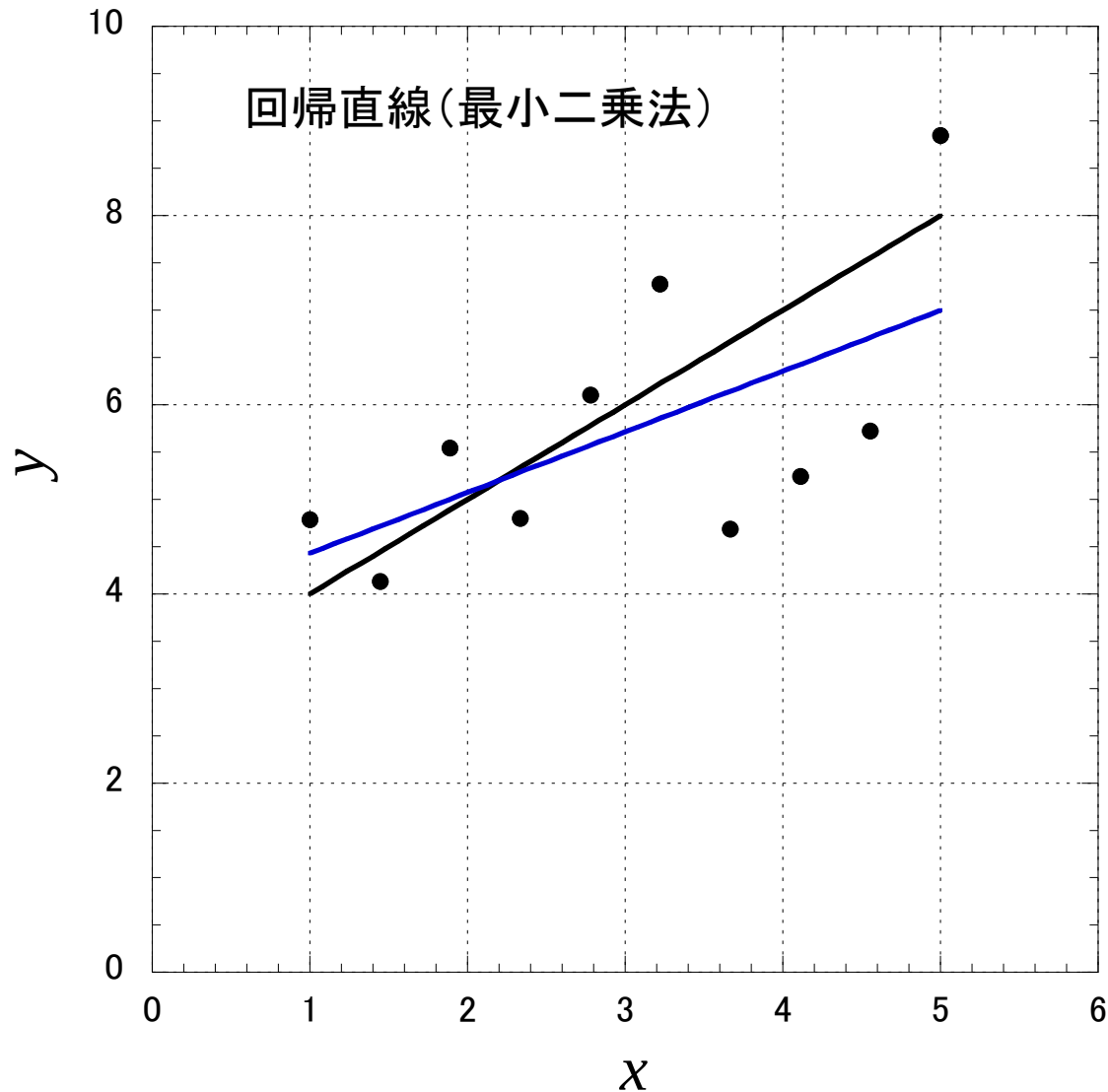
解析の道具： 直線回帰と信頼区間



解析の道具： 直線回帰と信頼区間

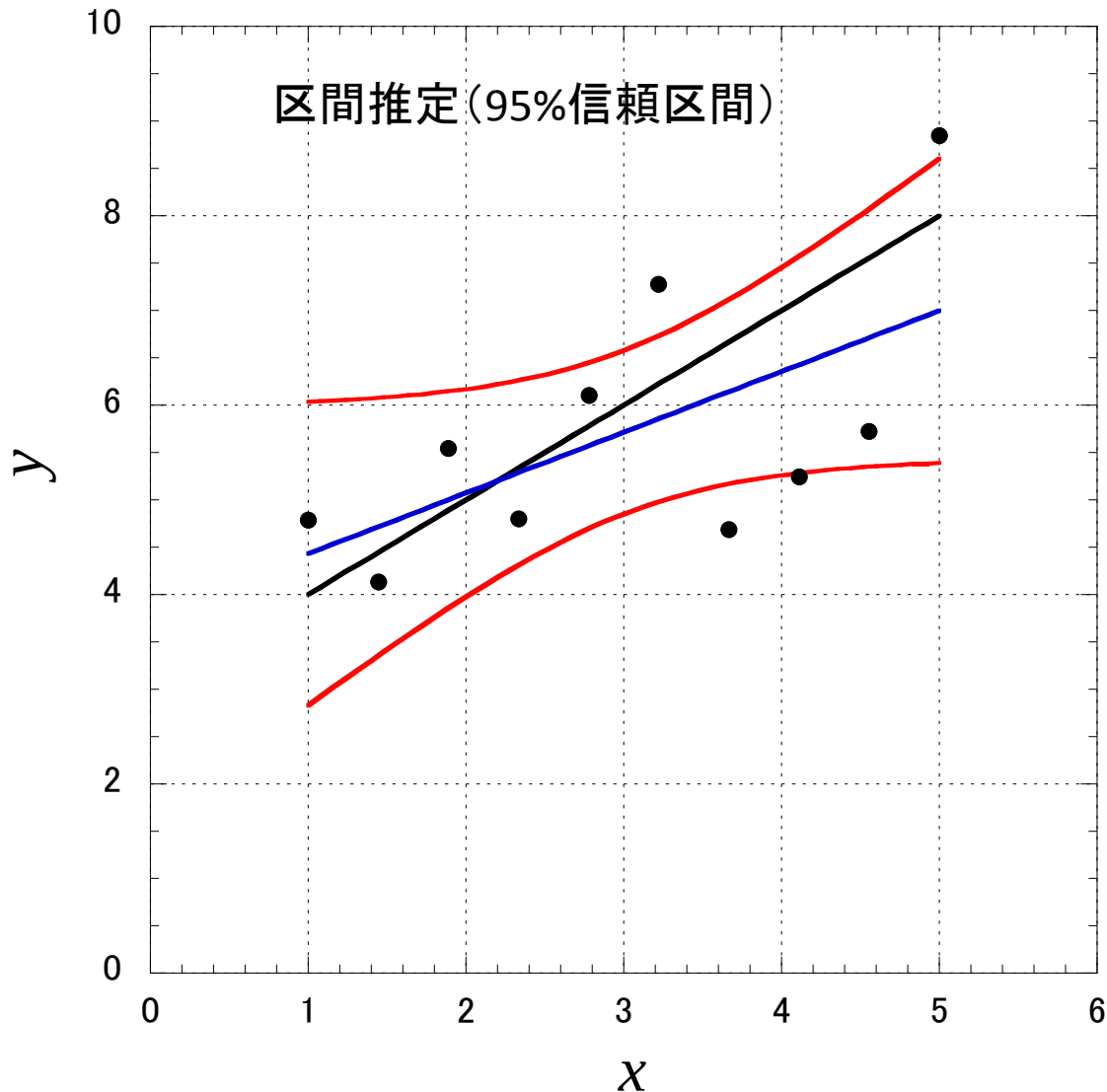


解析の道具： 直線回帰と信頼区間

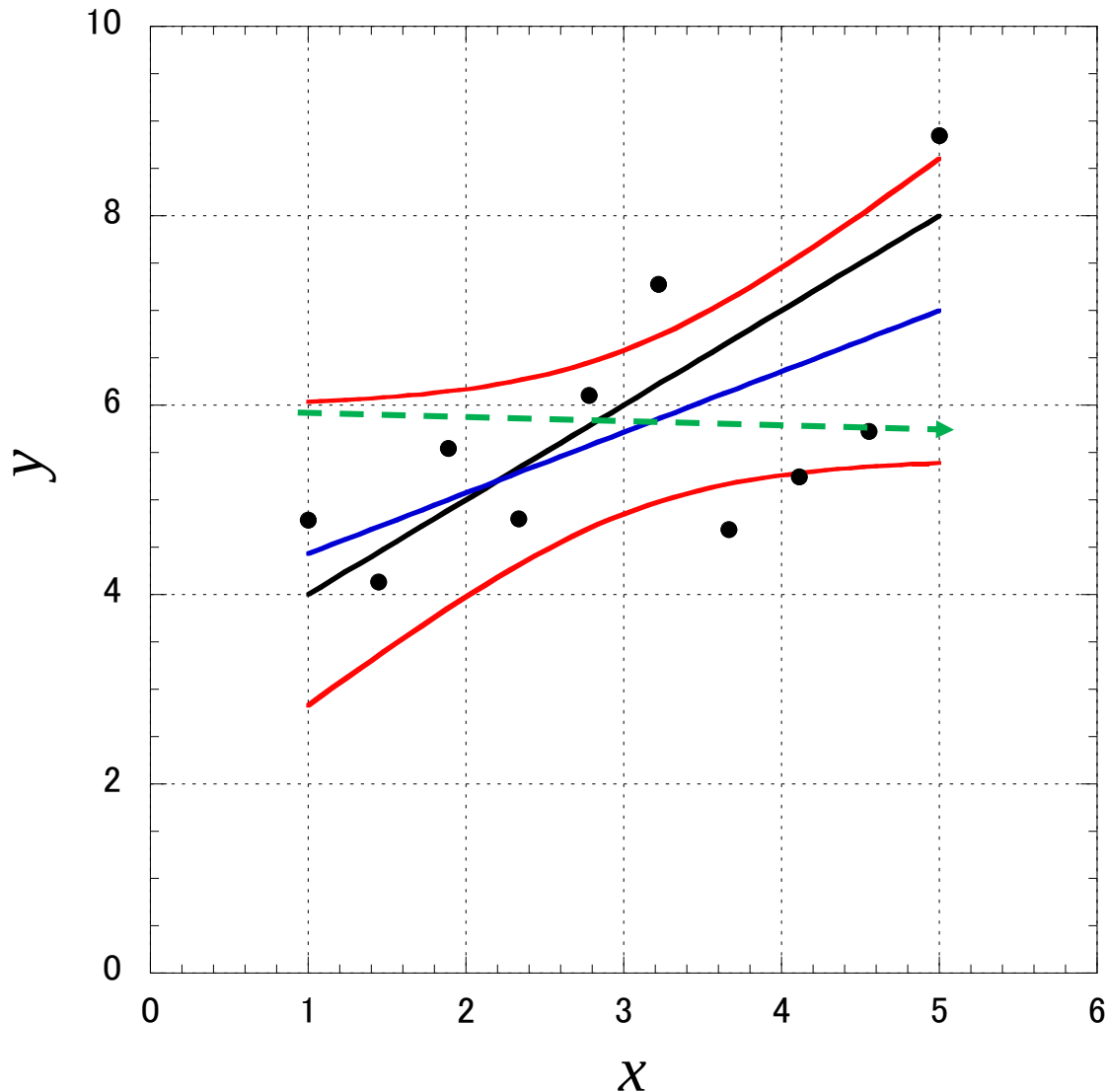


最小二乗法は最尤推定である。ただし、それがどの程度正しいかは分からない

解析の道具： 直線回帰と信頼区間



解析の道具： 直線回帰と信頼区間



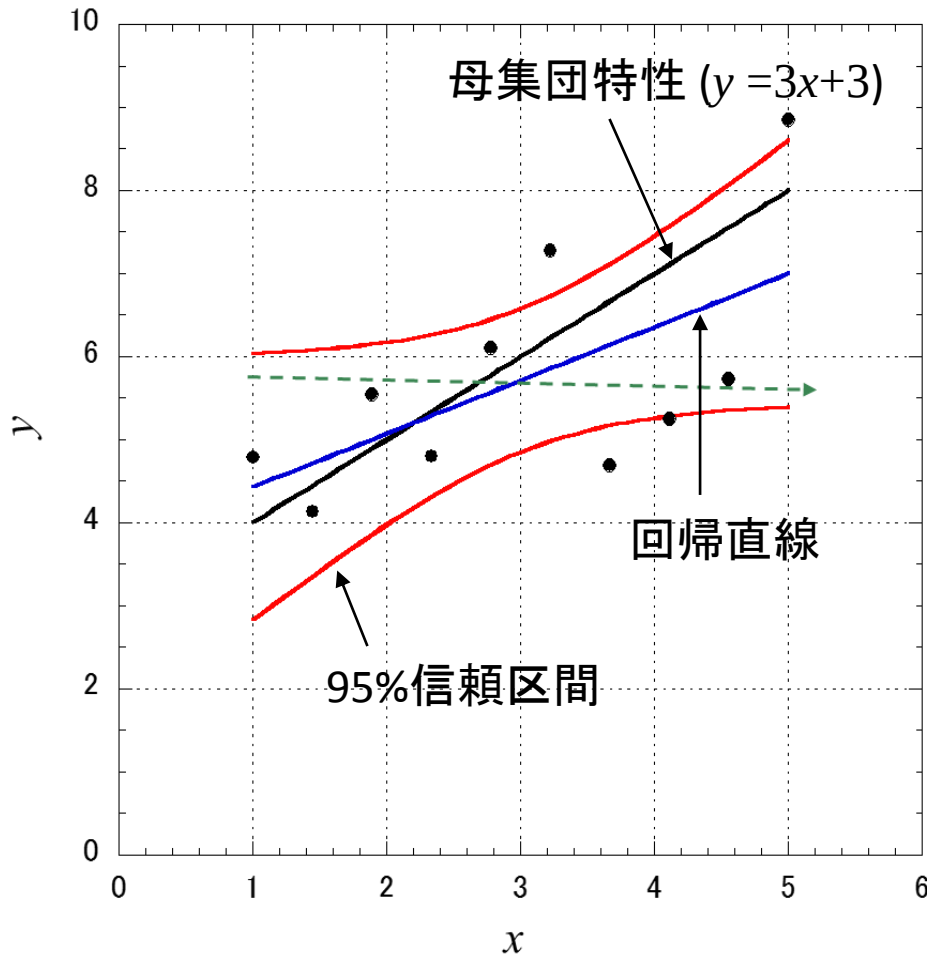
95%信頼区間
の中にある直
線(緑色の線)
は、5%以上の
確率があり、棄
却できない

この標本値だ
けでは、 x に対
して、「増加傾
向が有意であ
る」とは言えな
い

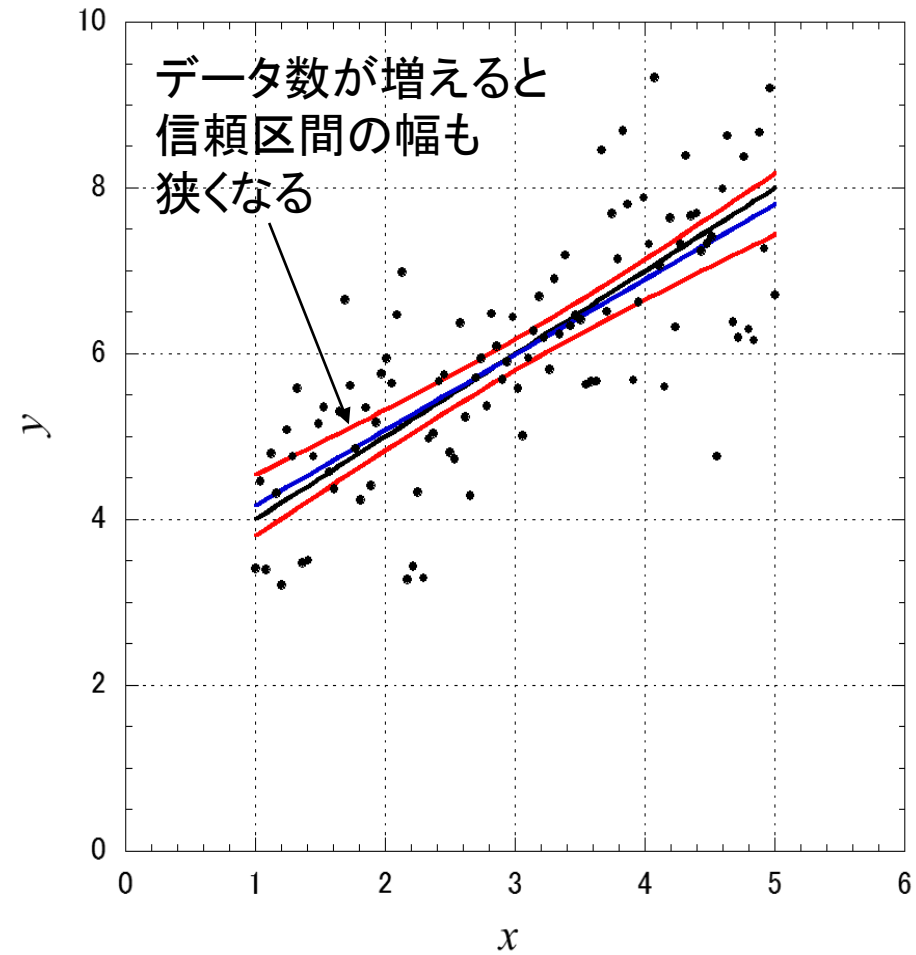
間違った判断
をしないための
慎重さ重視の
推定

解析の道具： 直線回帰と信頼区間

データ数 10



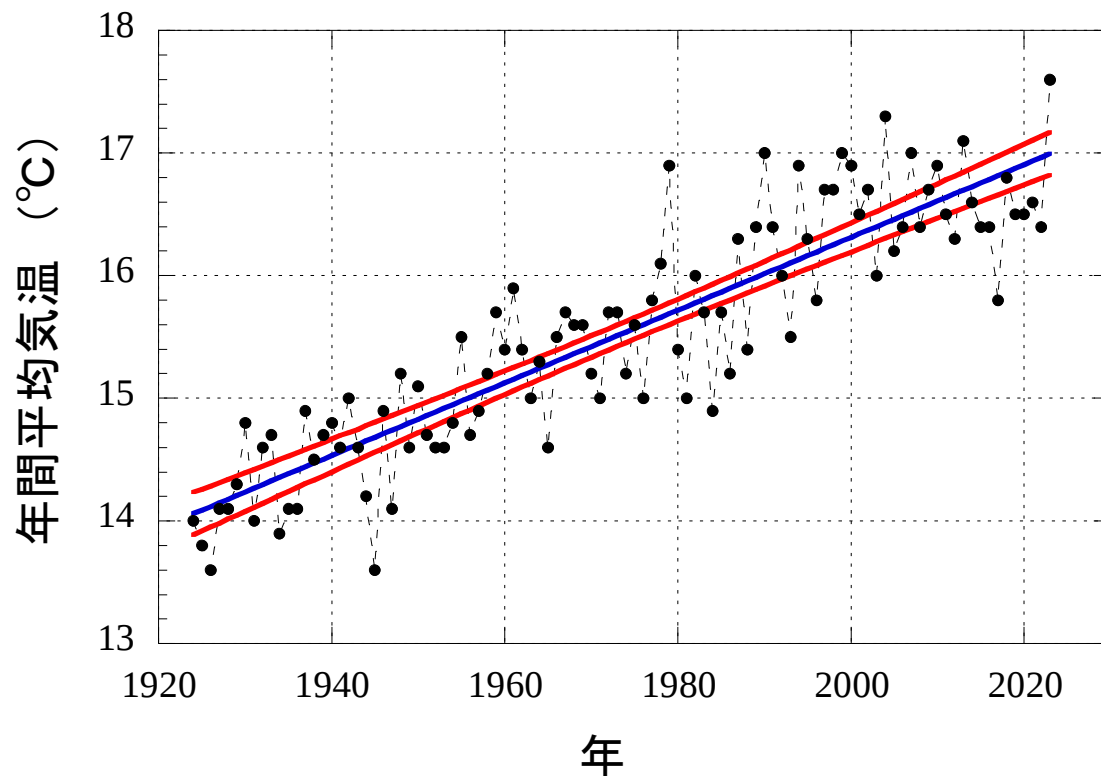
データ数 100



【信頼区間はデータのばらつき幅とはまったく違う!!】

信頼区間推定の適用例(1)

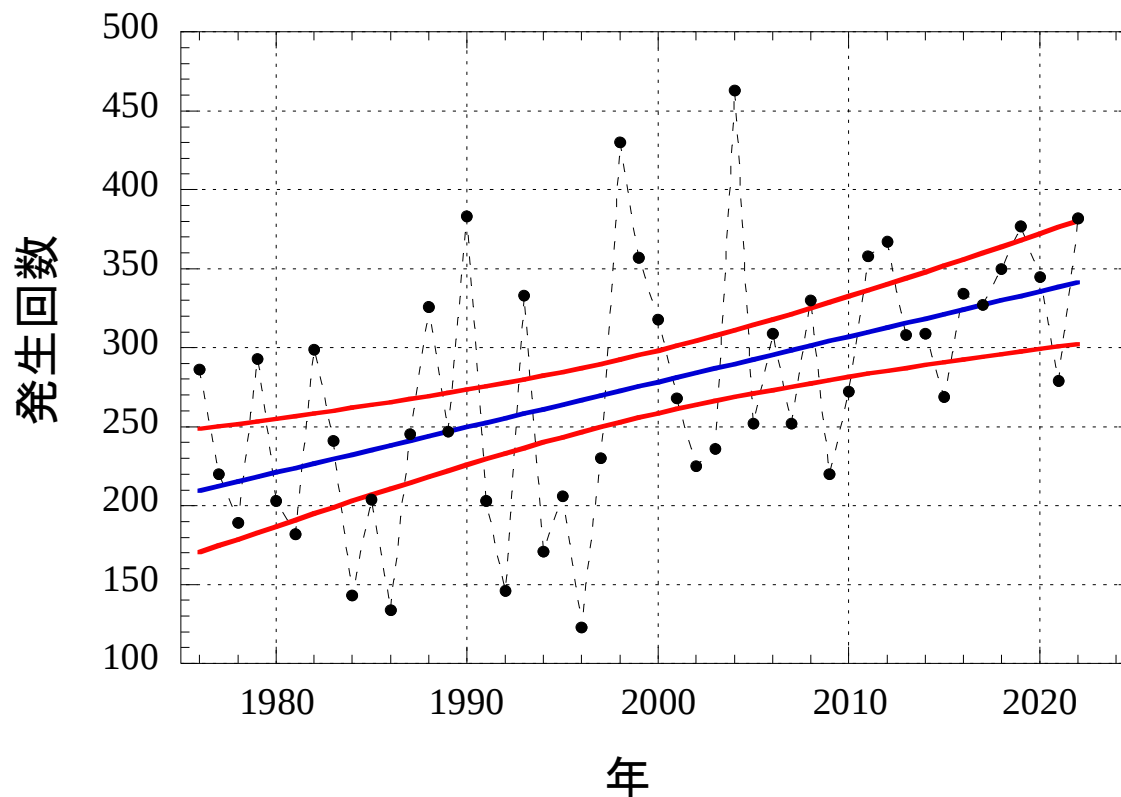
東京(千代田区)における年間平均気温の推移



3°C/100年の上昇(地球温暖化+ヒートアイランド現象)

信頼区間推定の適用例(2)

日本における強い雨の降り方の変化(気象庁資料より)
時間雨量が50mmを越える降雨の発生回数 → 有意に増加
(日本全国1300箇所(AMeDAS観測データ))



数値データ：気象庁, 大雨や猛暑日（極端現象）のこれまでの変化, 気象庁ホームページ.

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html

本研究の解析に用いた降水量データ(気象庁のHPより)

日本各地の降水量年間最大値

日降水量 45地点 100年間 (1924 - 2023)

時間降水量 45地点 80年間 (1944 - 2023)

10分間降水量 47地点 70年間 (1954 - 2023)

降水量の年間最大値は全て降雨によるものなので
降雨量と読み替えられる

時間降水量や10分間降水量は、降雨減衰推定に使われる
1分間降雨強度 $R_{0.01}$ の推定に役立つ量

年ごとの値

一覧表

グラフ

主な要素

詳細(気圧・降水量)

詳細(気温・蒸気圧・湿度)

詳細(風)

詳細(日照・雪・その他)

地点

降水量(最大)

東京 年ごとの値 主な要素

年	気圧(hPa)		合計	降水量(mm)			気温(℃)					湿度(%)		平均 風速	最 風速
	現地 平均	海面 平均		最大			平均			最高	最低	平均	最小		
				日	1時間	10分間	日平均	日最高	日最低						
1875			1219.2]	94.0]			17.0]	21.9]	12.2]	35.1]	-3.6]				
1876		1014.7	1755.5	76.2			13.6	18.7	8.3	35.6	-9.2	78			
1877		1015.2	1317.3	79.9			14.2	19.1	8.9	34.9	-4.8	77			
1878		1015.2	1764.2	150.9			13.8	18.3	9.6	35.1	-7.6	79			
1879		1014.5	1492.7	99.8			14.6	19.4	10.0	33.9	-5.5	77			
1880		1015.0	1685.7	116.7			14.1	19.2	9.1	33.2	-6.8	76			
1881		1015.1	1444.4	86.4			13.8	18.8	8.5	34.2	-8.4	78			
1882		1015.2	1478.3	109.7			14.0	18.6	9.0	34.2	-6.3	77			
1883		1015.0	1552.6	125.6			13.3	17.8	9.1	32.8	-7.8	76			
1884		1014.9	1314.8	72.2			12.9	17.7	8.6	33.3	-7.7	76			
1885		1014.9	1531.7	149.5			13.1	17.5	9.1	31.8	-9.1	77			
1886		1014.5	1290.3	64.5	12.8]		13.9	18.7	9.9	36.6	-7.7	75			
1887		1013.6	1250.0	77.8	20.5]		13.8	18.6	9.7	32.6	-7.9	76			
1888		1013.7	1378.5	78.9	19.2]		13.5	18.5	9.3	32.8	-7.5	75			
1889		1014.0	1319.3	162.0	22.0]		13.3	18.0	9.3	33.3	-8.1	74			
1890		1013.8	1958.2	123.8	×		15.0	19.4	11.0	33.9	-5.8	77			
1891		1014.1	1220.8	109.0	23.2]		14.4	19.3	10.0	34.4	-6.7	72			
1892		1013.7	1715.1	84.5	20.5]		14.0	18.6	10.0	34.4	-6.8	73			
1893		1014.0	1161.3	56.3	28.1]		13.8	18.8	9.4	34.4	-7.2	71			
1894		1014.4	1320.8	132.8	52.9]		14.8	19.6	10.6	35.1	-5.3	73			
1895		1013.8	1397.8	133.0	22.6]		13.8	18.7	9.8	33.0	-5.7	74			
1896		1014.4	1373.9	74.0	22.2]		14.0	18.7	10.1	34.3	-5.6	74			
1897		1014.6	1497.2	73.2	34.1]		13.2	17.7	9.2	34.0	-7.0	75			

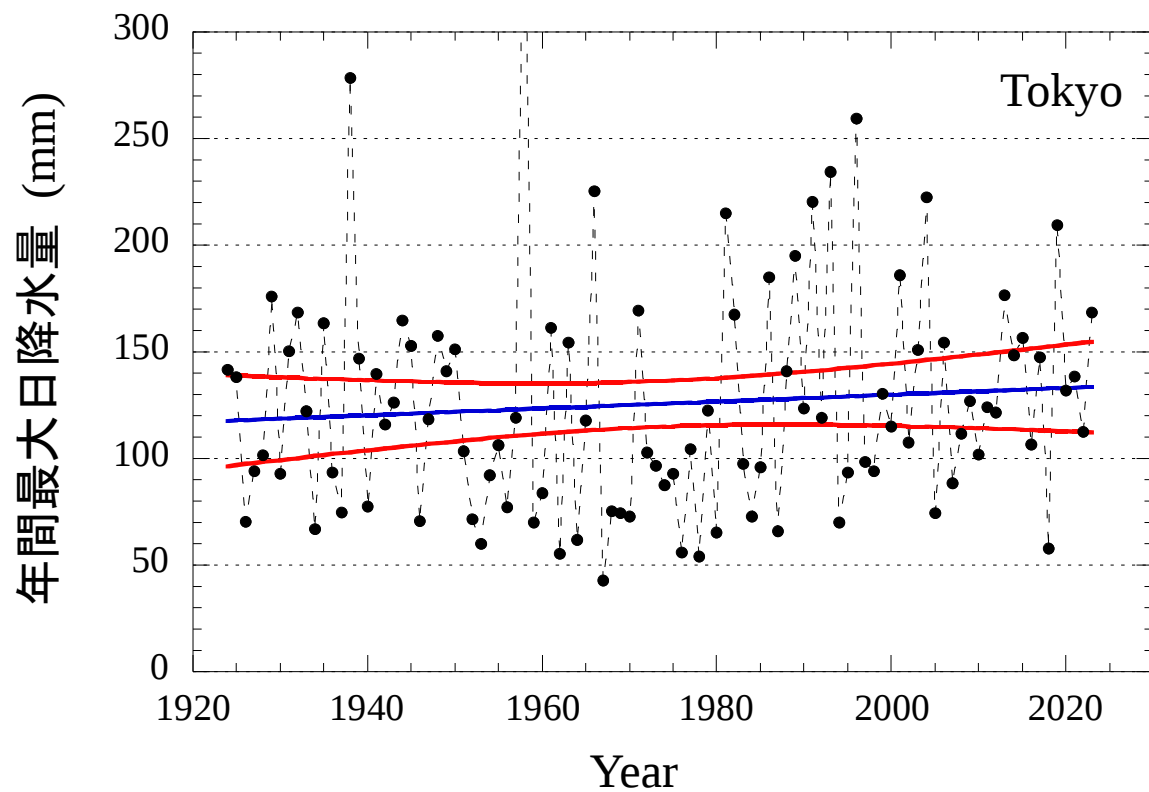
解析に用いた雨量データ(地点と年間最大値の平均)

Site	1-day	1-hour	10-min
Sapporo	73.65	23.01	8.93
Aomori	70.81	23.93	9.84
Morioka	77.79	27.40	12.33
Akita	83.13	33.31	14.10
Ishinomaki	82.39	-	-
Sendai	-	32.89	11.80
Yamagata	72.80	28.77	12.08
Fukushima	84.61	29.22	12.76
Mito	107.68	38.06	15.15
Utsunomiya	111.36	47.39	18.93
Maebashi	97.75	45.41	17.63
Kumagaya	113.89	43.33	18.32
Katsuura	144.50	51.43	17.15
Tokyo	125.66	42.61	15.95
Yokohama	130.57	40.60	15.20
Niigata	78.80	30.88	12.56
Fushiki	91.65	36.39	14.83
Kanazawa	99.88	37.40	14.09
Fukui	92.37	35.67	13.67
Kofu	99.32	31.43	13.09
Nagano	60.97	26.63	12.71
Gifu	117.48	43.35	17.44
Hamamatsu	142.32	-	-
Shizuoka	-	53.31	17.35
Nagoya	109.81	42.31	16.26

Site	1-day	1-hour	10-min
Tsu	137.65	43.31	15.60
Hikone	94.38	34.77	15.17
Kyoto	112.24	43.08	16.57
Osaka	93.91	35.71	14.59
Kobe	104.35	36.83	15.16
Nara	-	-	15.02
Wakayama	118.76	40.34	15.17
Sakai	113.39	35.25	13.82
Hamada	112.45	39.82	14.83
Okayama	82.76	32.58	13.84
Hirosima	112.96	37.45	14.56
Shimonoseki	124.13	41.82	15.65
Tokushima	153.35	49.06	17.12
Tadotsu	84.59	29.19	12.42
Matsuyama	98.59	32.06	13.17
Kochi	198.13	60.89	18.93
Gukuoka	130.07	43.00	16.21
Saga	148.36	49.50	17.81
Nagasaki	150.73	53.13	17.44
Kumamoto	164.47	51.61	17.66
Oita	154.05	41.55	14.07 ¹²
Miyazaki	187.80	52.53	17.92
Kagoshima	158.01	50.92	17.95
Naha	-	-	19.75
(Total)	(45)	(45)	(47)

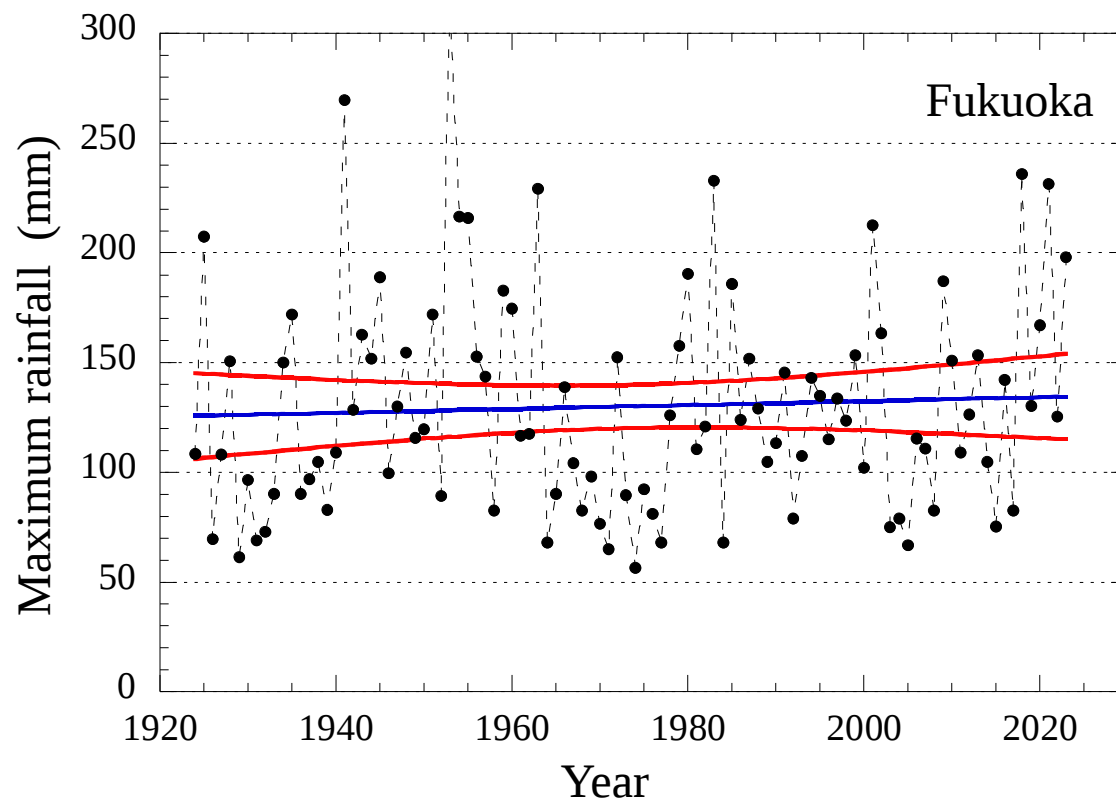
地点別年間最大日降水量の100年間の推移

東京(千代田区)



地点別年間最大日降水量の100年間の推移

福岡



他の例(地点や降水量タイプ)を含めて、地点毎の100年間データからは、有意な長期変化傾向があるとは言えない

日本全体のデータで傾向を俯瞰的に見る

長期変化傾向を見るのに地点毎のデータではデータ数が足りない

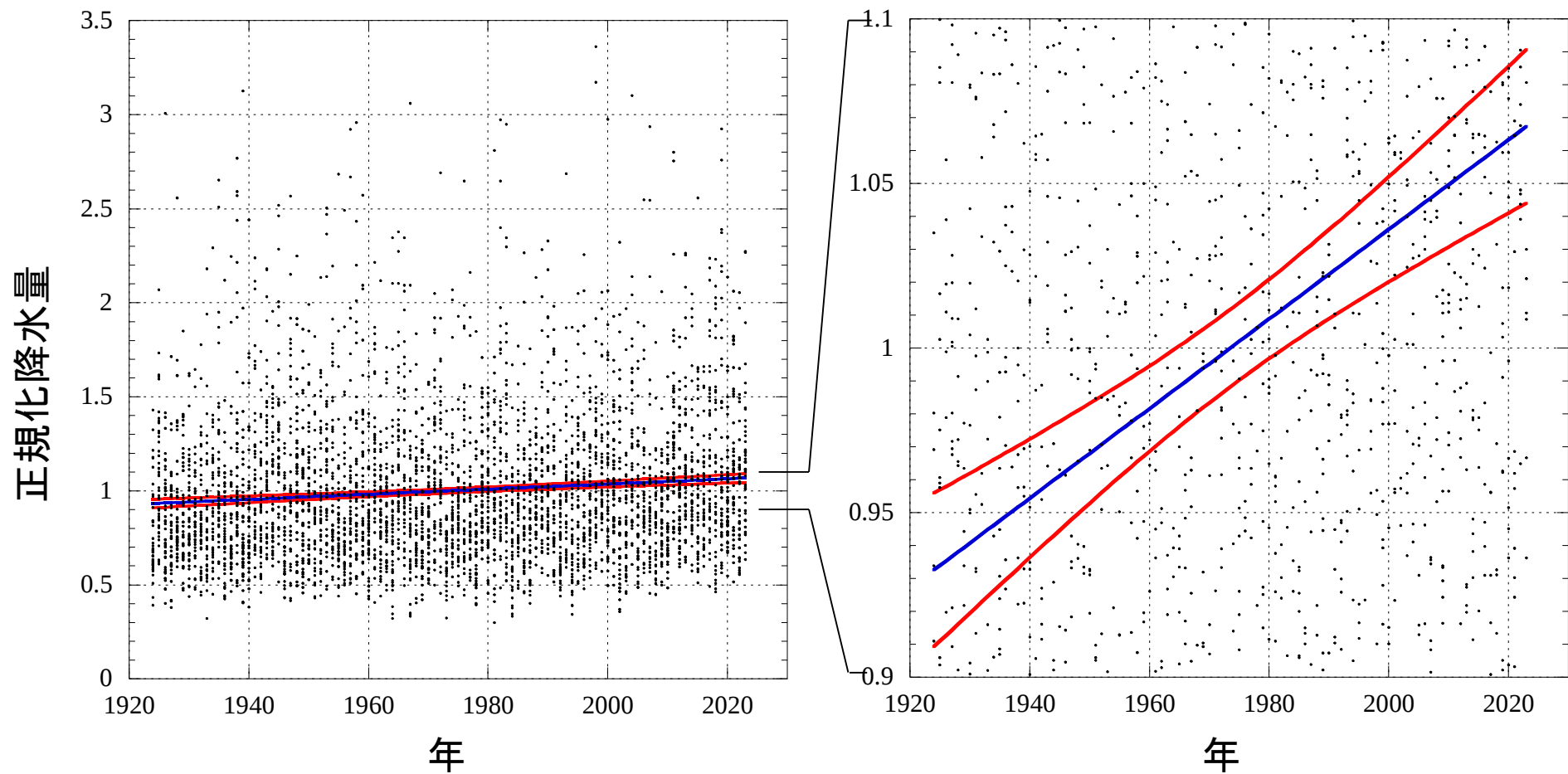


それぞれの地点のデータをその地点の平均値で割って正規化する
(平均値を1とする年間最大正規化降水量を用いる)

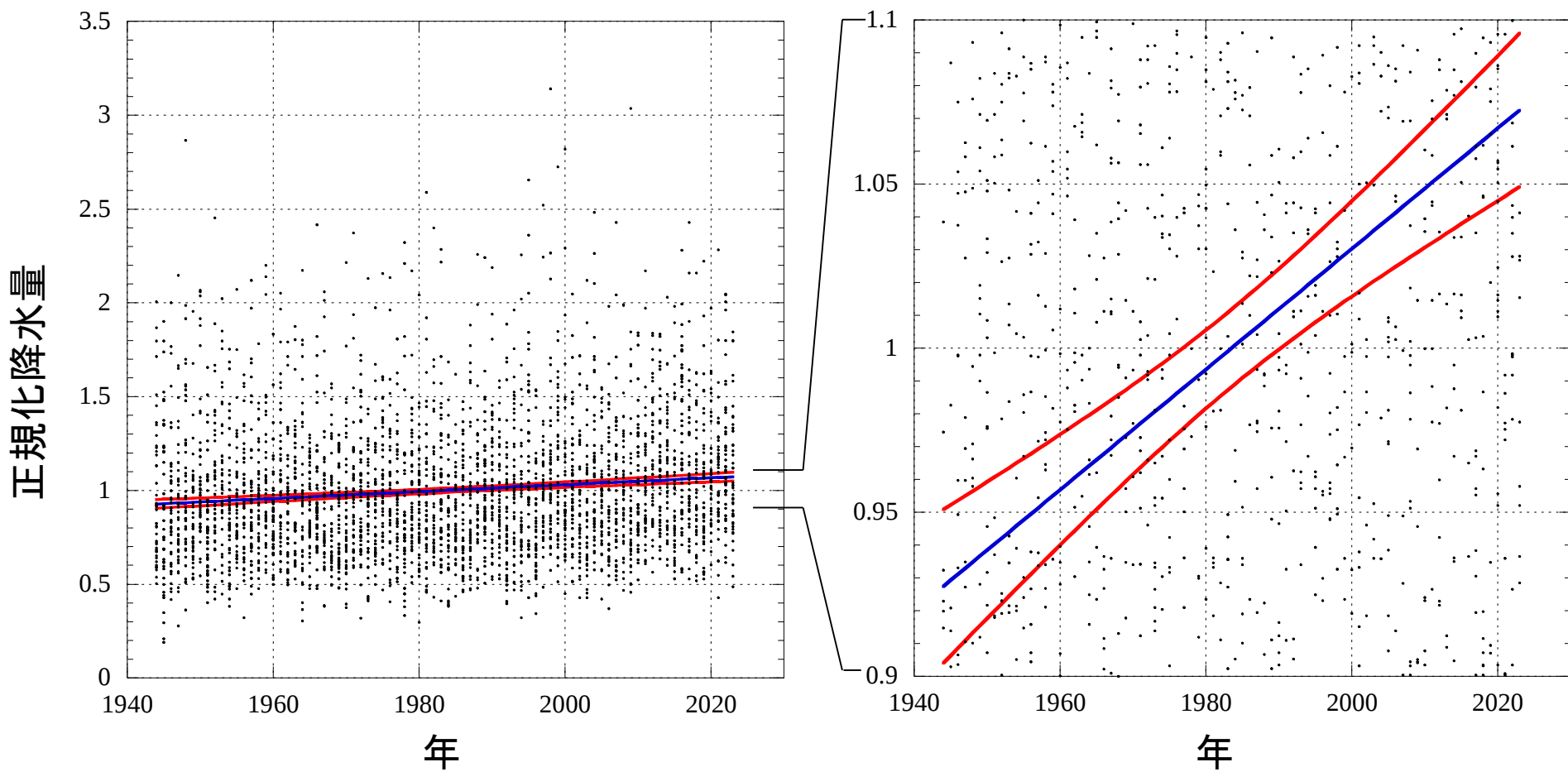


それらの全体のデータで、回帰直線と信頼区間を求める

日降水量

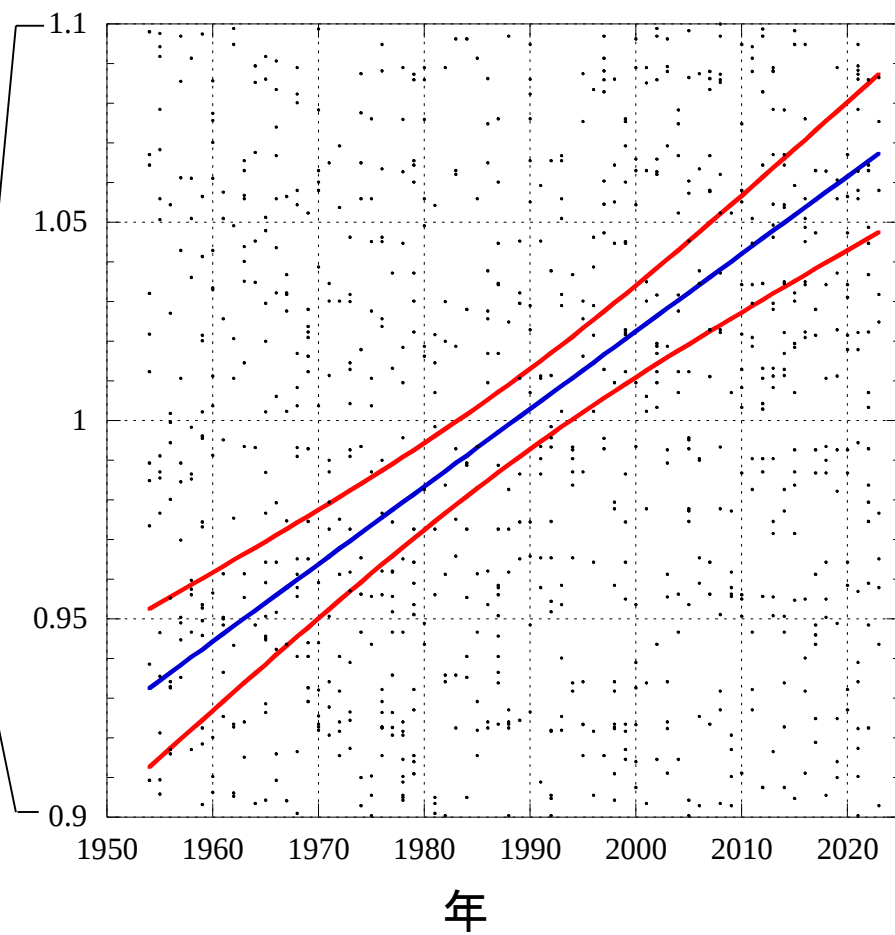
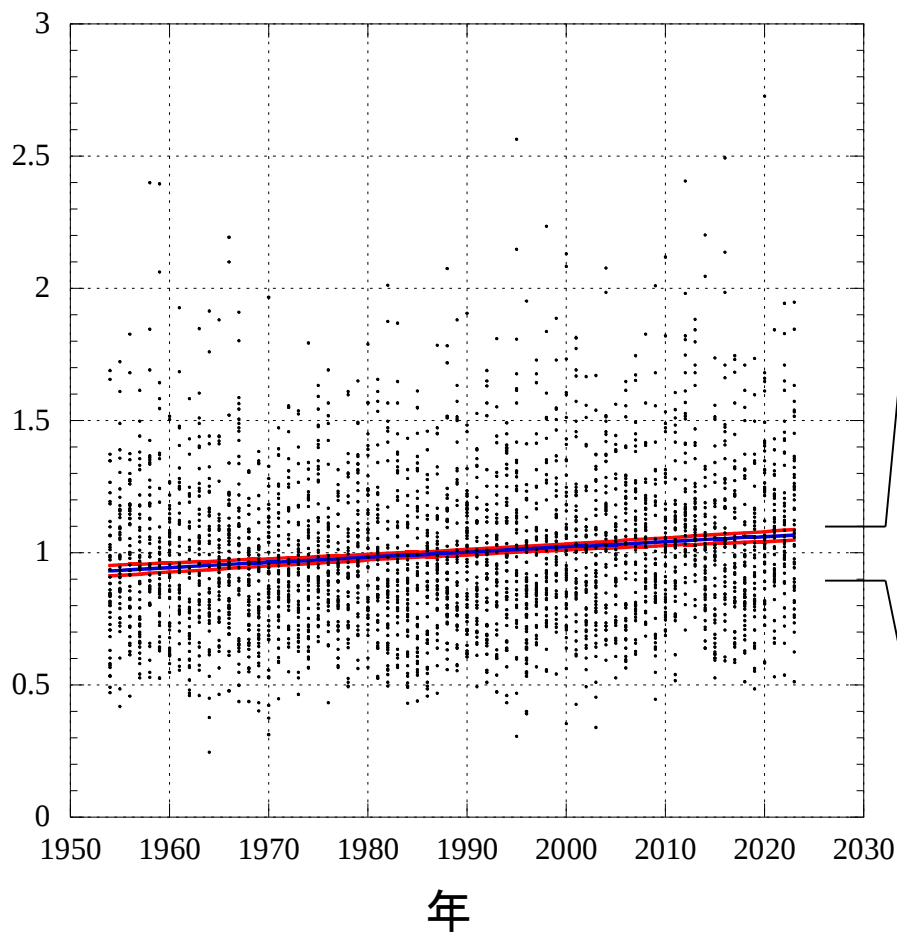


1時間降水量



10分間降水量

正規化降水量



日本の年間最大降水量の長期変化傾向(まとめ)

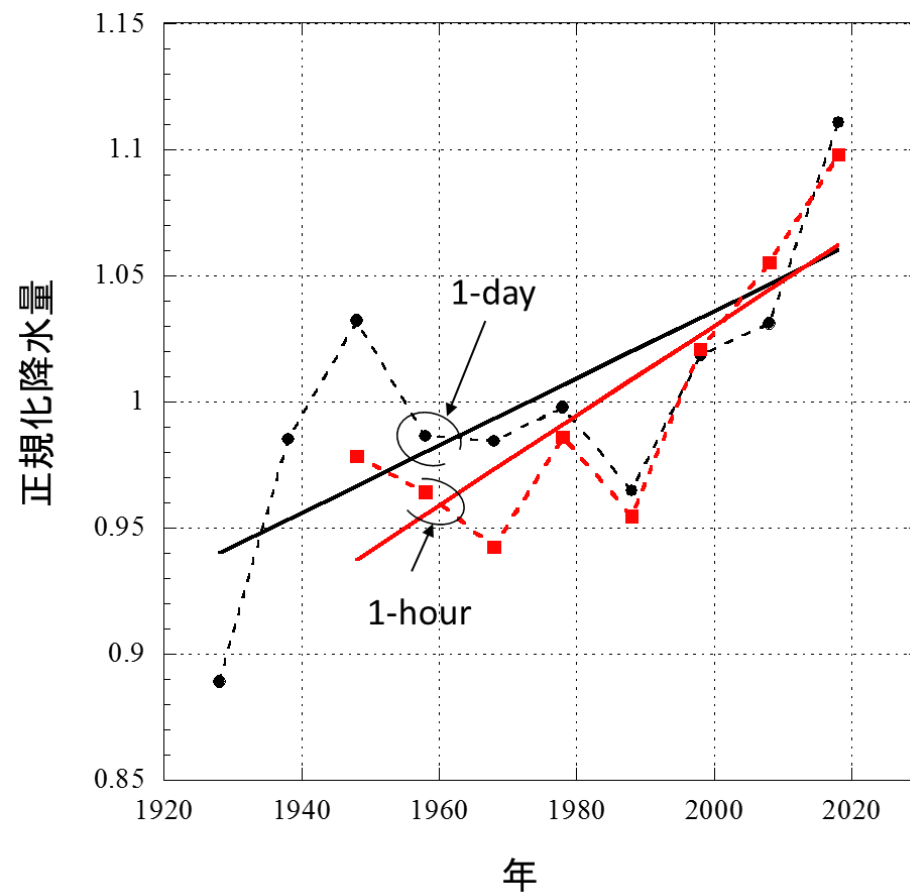
	日降水量	時間降水量	10分間降水量
地点数	45	45	47
期間	1924-2023	1944-2023	1954-2023
(年数)	(100)	(80)	(70)
最尤推定	1.14	1.16	1.14
95%区間	1.09-1.20	1.10-1.21	1.10-1.19

調査期間内(100～70年間)において、10%程度の有意な増加が見られる

今後もこの傾向が続けば、いずれは、降雨減衰推定用に準備されている降雨強度データベースも見直しが必要になろう。

ただし、増加の程度は10年で1%程度であるので、当面(この先4半世紀程度)は、まだその必要は無いであろう。

参考： 同データを10年単位で変化を見ると



まとめ

気象庁が公開している日本各地の降水量の長期間データベースから、日降水量（45地点：100年間）・1時間降水量（45地点：80年間）・10分間降水量（47地点：70年間）の年間最大値データ（極値データ）を抽出して、それぞれの量に長期間における系統的な変化があるか否かを調べた。

判断の規範は95%信頼区間推定を採った。地点毎の統計からは、年毎の変動が大きく、系統的変化の有無を判断できないため、日本各地のデータを正規化して、地点の平均強度で正規化した降水量にして、日本全体としての長期間変化を調べた。

結果を要約すると、日・1時間・10分間降水量の年間最大値は、最尤推定（直線回帰）で、対象期間（それぞれ100, 80, 70年間）でおよそ10%強の増加が示され、その増加傾向は95%の信頼区間推定において有意と判断された。

年間の最大を与える降水現象は100%降雨であり、本極値データ解析における降水量は降雨量と読み替えられる。強雨を表すどの量についても、長期的な意味での増加傾向が認められたので、無線回線設計用の降雨強度データベースもいずれは見直しが必要になろう。しかしながら、その増加の程度は10年で1%強程度であり、当面（この四半世紀以内では）、現状の降雨強度データベースが維持できるであろう。