

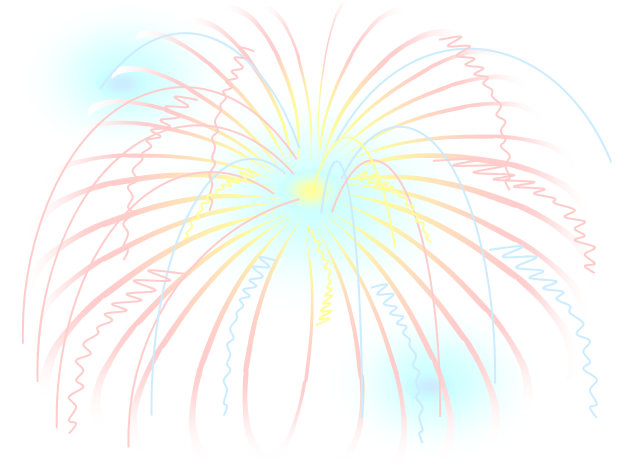


# 「霧」「もや」の発生に関する研究 ～横浜地方気象台のデータ解析～

首都大学東京

\* 近藤 亜弥  
長塚 豪己

# はじめに



## 「霧」「もや」とは

空気中の水滴や粒子が、光を反射・吸収・散乱させたりするために、視界が白くぼやけてしまう現象

霧……… 相対湿度75%以上、視程1km未満  
もや…… 相対湿度75%以上、視程1km以上

# 目次

## 1. 序論

### 1.1 背景

### 1.2 研究目的

### 1.3 大気汚染物質と気象現象の構成

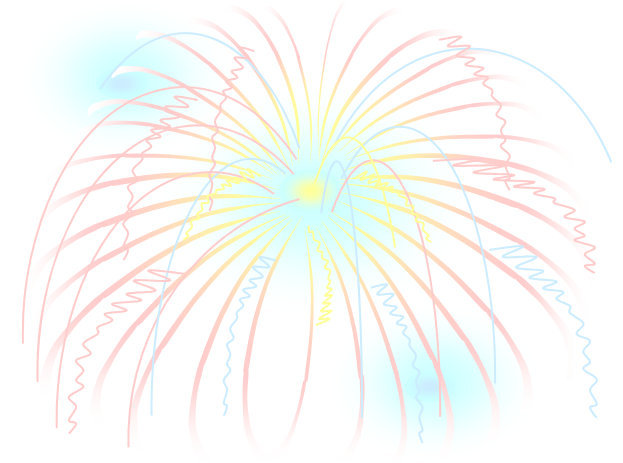
## 2. ロジスティック回帰分析

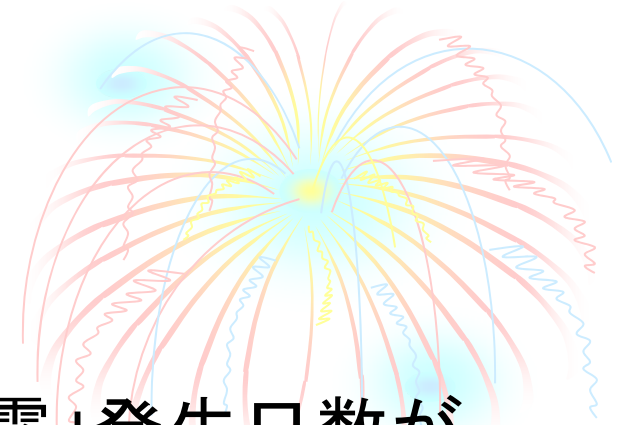
## 3. 共分散構造分析

## 4. 多段層別分析

## 5. 考察

## 6. 結果

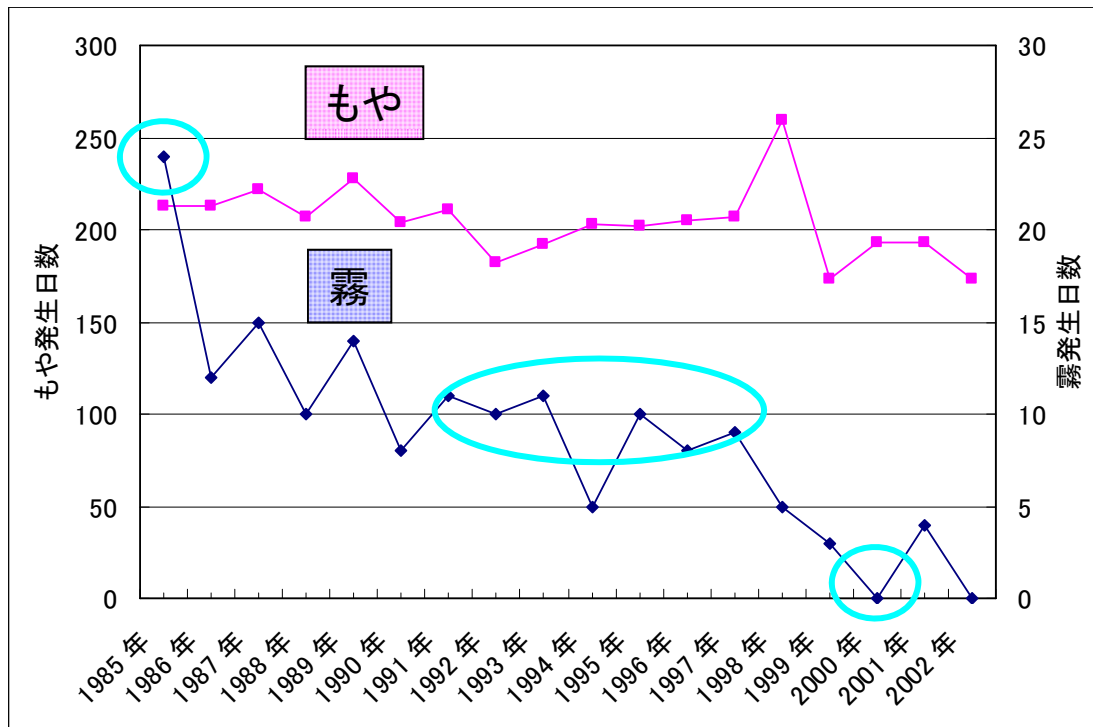




# 1. 序論

## 1.1 背景

1960年以降、日本の主要都市部の「霧」発生日数が激減



《疑問》

霧ともやは  
発生条件  
が違うのか？

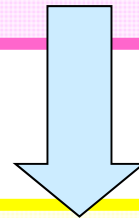
横浜の年間霧・もや発生日数の推移

# 1 序論

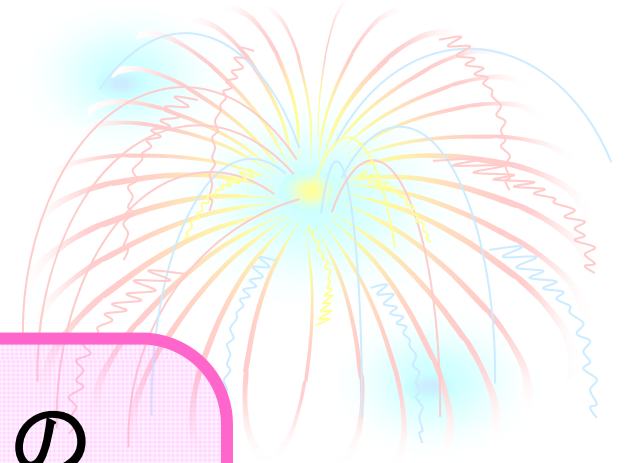
## 1.2 研究目的

自然界での「霧+もや」の  
発生要因の解析

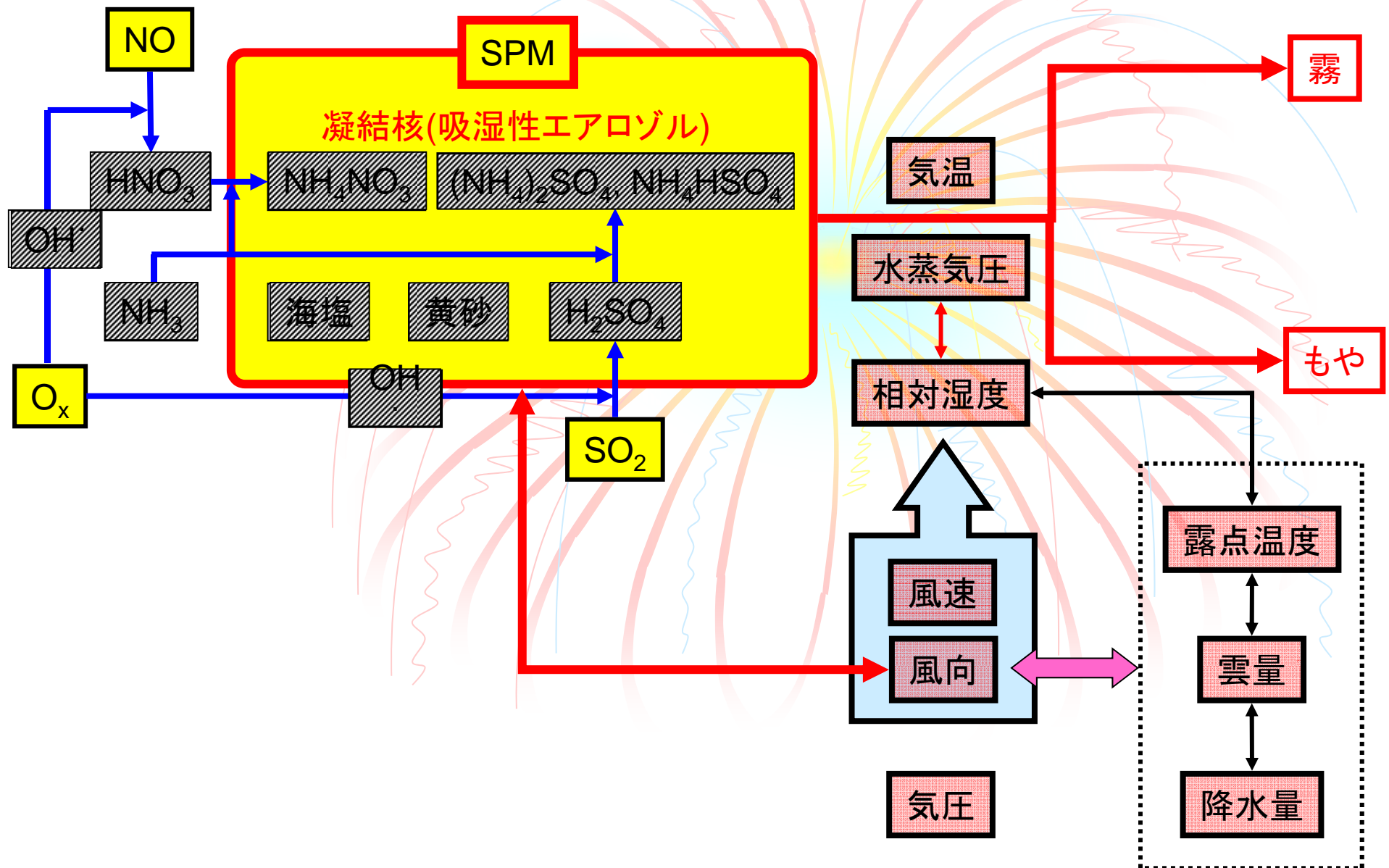
「霧」「もや」の発生条件の解析



「霧」の発生日数激減  
の原因の解明

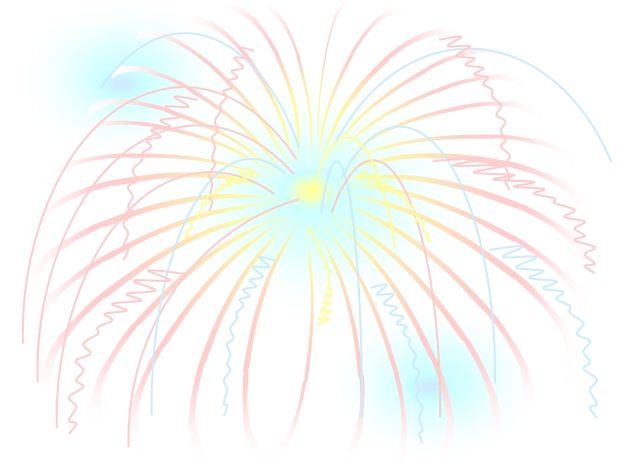


# 1.3 大気汚染物質と気象現象の構成



# 目次

1. 序論
2. ロジスティック回帰分析
  - 2.1 ロジスティック回帰分析とは
  - 2.2 使用データ
  - 2.3 解析結果
3. 共分散構造分析
4. 多段層別分析
5. 考察
6. 結果



# 2 ロジスティック回帰分析

## 2.1 ロジスティック回帰分析とは

ロジスティック回帰分析は、目的変数が、  
比率データである場合に、その比率 $p_i$ をロジット変換し、  
その変換後の数値の説明変数に対する回帰を考えるもの

目的変数:「霧+もや」の発生・・・1

「霧+もや」の未発生・・・0

説明変数: 気象データと大気汚染物質データ

$$Z_i = \ln\{p_i/(1 - p_i)\}$$

$$Z_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p$$



# 2 ロジスティック回帰分析



## 2.2 使用データ

### 説明変数

気象データ (1991,1995,2000,2002年)	気温(°C) 気温差(°C) 蒸気圧(hpa) 相対湿度(%) 風向 風速(m/s) 降水量(mm) 雲量(10分比)
大気汚染物質 データ (1991,1995,2000,2002年)	SO <sub>2</sub> (ppb) NO <sub>2</sub> (ppb) OX(ppb) SPM( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

### 目的変数

「霧+もや」  
の  
発生・未発生



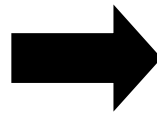
# 2 ロジスティック回帰分析

## 2.2 解析

「霧+もや」の発生予想式

$$\begin{aligned} Z^* = & -19.872 - 0.014 \text{「気温」} - 0.144 \text{「気温差」} \\ & + 0.264 \text{「降水量」} + 0.183 \text{「相対湿度」} + 0.033 \text{「蒸気圧」} \\ & + 0.153 \text{「雲量」} + 0.497 \text{「風向」} - 0.035 \text{「風速」} \\ & + 0.020 \text{「SO}_2\text{」} + 0.024 \text{「NO}_2\text{」} + 0.017 \text{「OX」} + 0.060 \text{「SPM」} \end{aligned}$$

寄与率は0.377



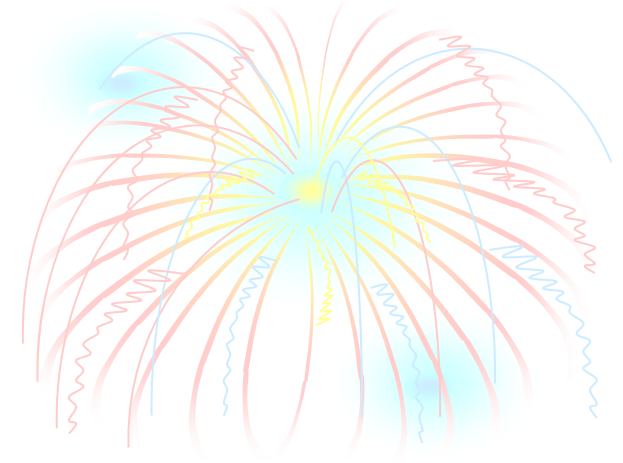
相互相関を考えないモデル



相互相関を考えたモデル

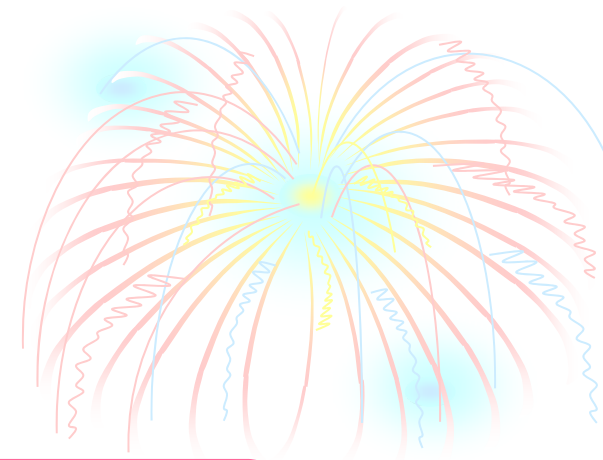
# 目次

1. 序論
2. ロジスティック回帰分析
3. 共分散構造分析
  - 3.1 共分散構造分析とは
  - 3.2 使用データ
  - 3.3 解析結果
  - 3.4 モデルの評価
4. 多段層別分析
5. 考察
6. 結果



# 3 共分散構造分析

## 3.1 共分散構造分析とは



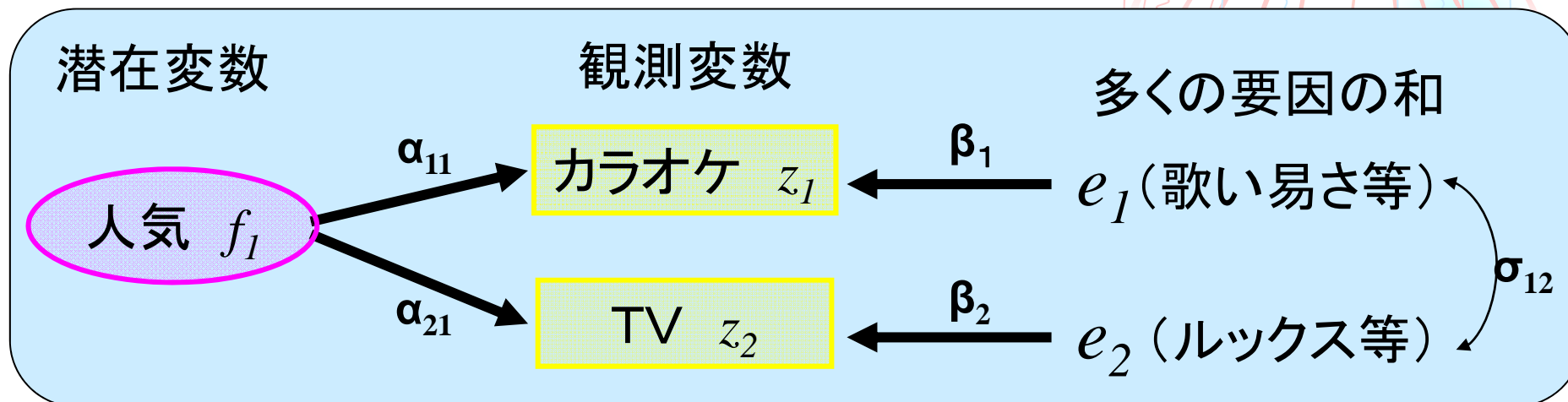
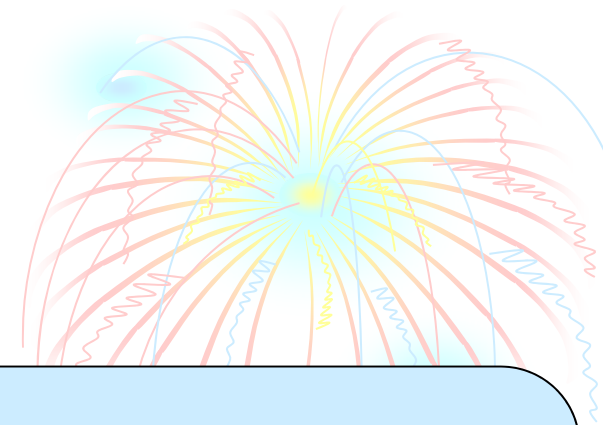
複雑な現象の因果関係をモデル化  
することが可能な統計的方法

➡ Ex.

ヒット曲の「カラオケで歌われる頻度」と  
「TVで放送された回数」の2つの変数を考える

# 3 共分散構造分析

## 3.1 共分散構造分析とは



$$E[f_1]=0, V[f_2]=1$$

$$E[e_1]=0, V[e_2]=1$$

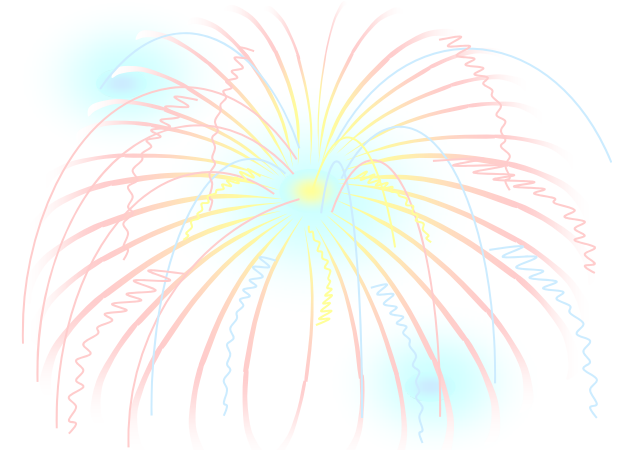
測定方程式モデル(標準化モデル)

$$z_1 = \alpha_{11}f_1 + \beta_1 e_1$$

$$z_2 = \alpha_{21}f_1 + \beta_2 e_2$$

# 3 共分散構造分析

## 3.2 使用データ



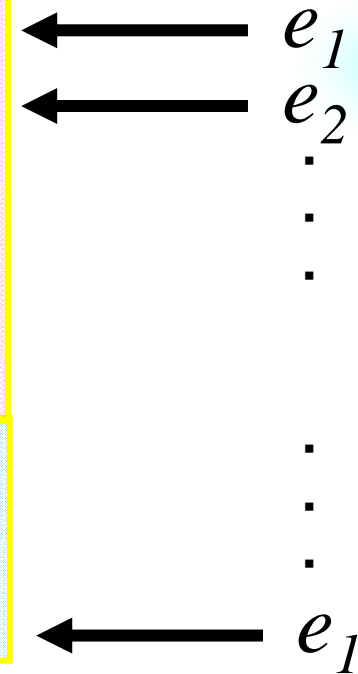
潜在変数

観測変数

多くの要因の和

霧・もや  
の発生

気象データ (1991,1995,2000,2002年)	気温(°C) 気温差(°C) 蒸気圧(hpa) 相対湿度(%) 風向 風速(m/s) 降水量(mm) 雲量(10分比) 霧ともや発生時間(分)
大気汚染物質 データ (1991,1995,2000,2002年)	SO <sub>2</sub> (ppb) NO <sub>2</sub> (ppb) OX(ppb) SPM(μg/m <sup>3</sup> )



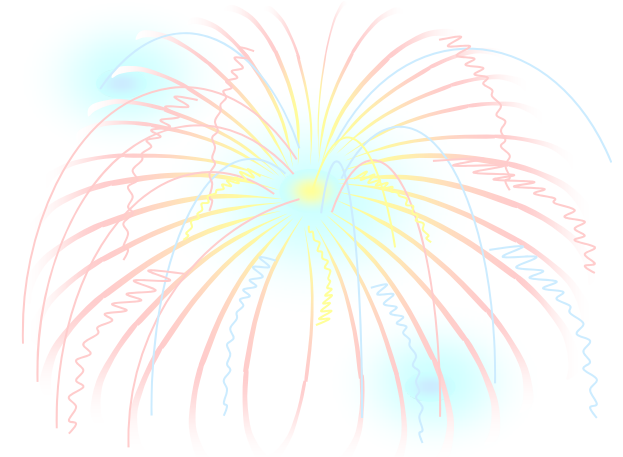
2



# 2 共分散構造分析

## 3.3 解析結果

### 標準化係数



順位	(直接効果)霧ともやの発生		(間接効果)霧ともやの発生	
	要因	標準化係数	要因	標準化係数
1	相対湿度	0.427	蒸気圧	0.981
2	SPM	0.216	NO2	0.193
3	NO2	0.122	風向	0.146
4	風向	0.118	気温°C	-0.141
5	OX	0.066	降水量	0.125
6	SO2	0.050	SO2	0.113
7	風速	-0.043	雲量	0.099
8	気温差	-0.032	SPM	-0.093
9	降水量	0.040	OX	-0.090
10			風速	-0.082
11			相対湿度	-0.053
12			気温差	0.021



# 3 共分散構造分析

## 3.4 モデルの評価

### ① 解の検定

カイ2乗 = 3.076

自由度 = 6

確率水準 = 0.800

0.05以上なので  
棄却できない

### ② 適合指標 (GFI) と残差平方平均平方根 (RMR)

GFI = 0.999

RMR = 0.108

1.0に近いので  
適合度は高い

0.0に近いので  
適合度は高い

### ③ RMSEA

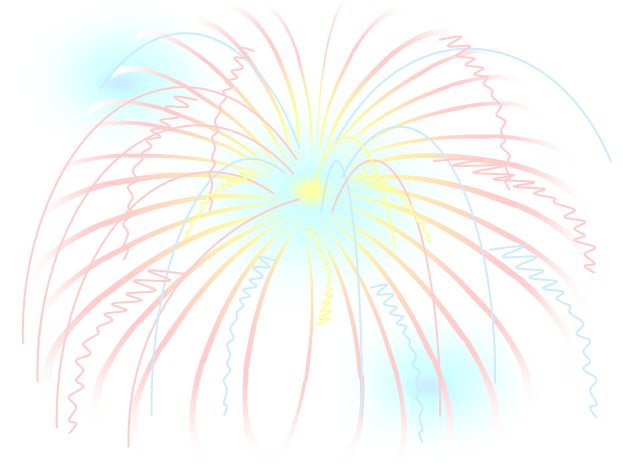
RMSEA = 0.000

0.05以下なので  
適合度は高い

モデルの当てはまりは良い

# 目次

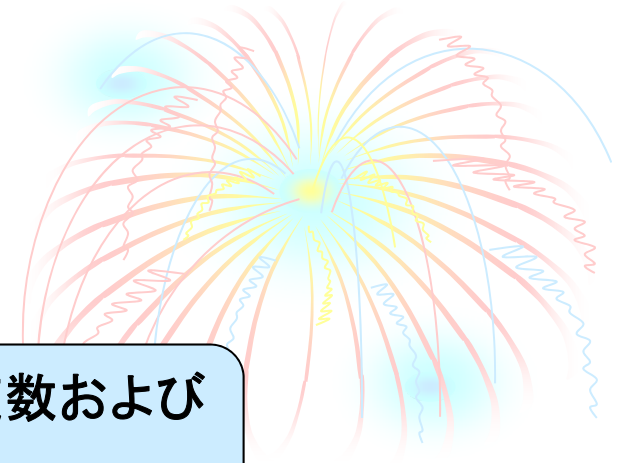
1. 序論
2. ロジスティック回帰分析
3. 共分散構造分析
4. 多段層別分析
  - 4.1 多段層別分析とは
  - 4.2 「霧+もや」
    - 2進木
    - 発生条件
  - 4.3 「霧」
    - 2進木
    - 発生条件
5. 考察
6. 結果



# 4 多段層別分析

## 4.1 多段層別分析とは

目的変数を説明変数が最もよく説明する変数およびカテゴリで逐次に2分割し、多段階に層別する考え方



### 「霧+もや」発生条件

説明変数

(直接効果) 霧ともやの発生
要因
相対湿度
SPM
風向
NO2
OX
SO2
降水量
気温差
風速

75~78.5%

78.5~81.5%

81.5~85.5%

85.5~89.5%

89.5~92.5%

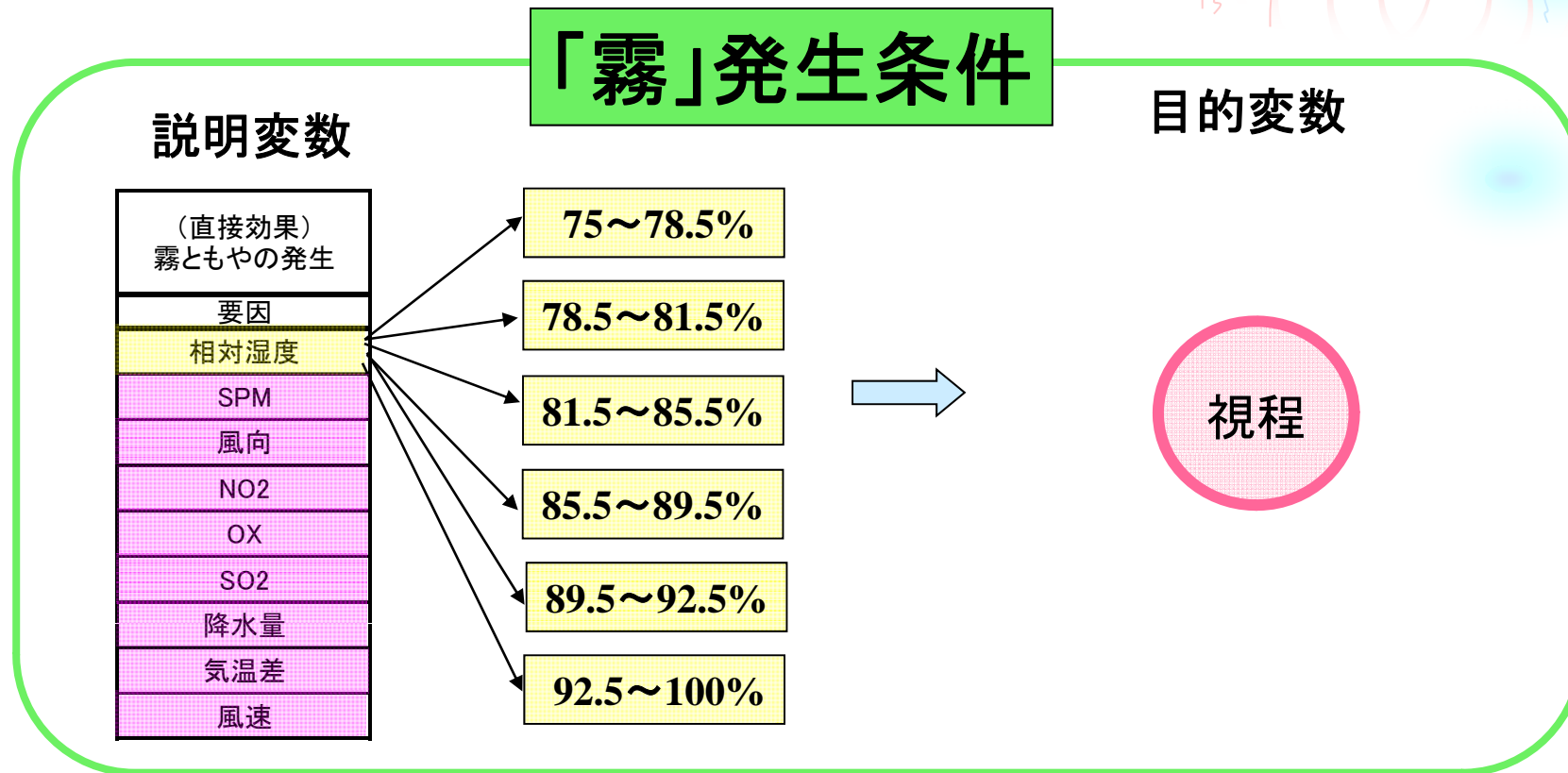
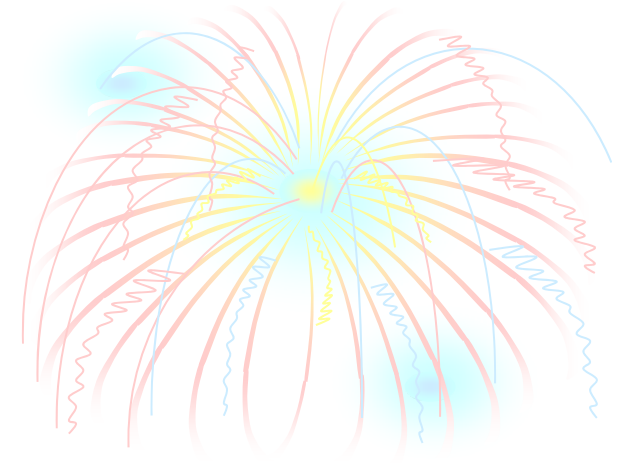
92.5~100%

目的変数

「霧+もや」  
の  
発生・未発生

# 4 多段層別分析

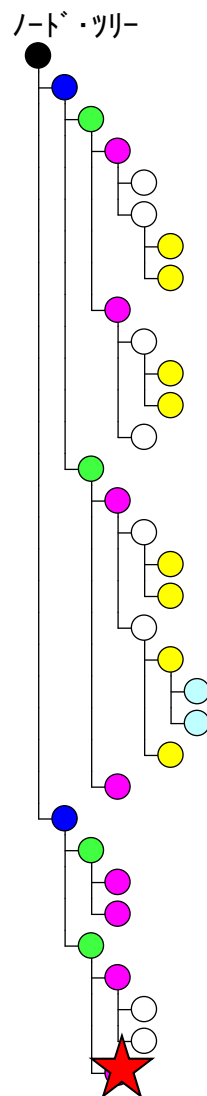
## 4.1 多段層別分析とは



# 4 多段層別分析

## 4.2 「霧+もや」

### 2進木

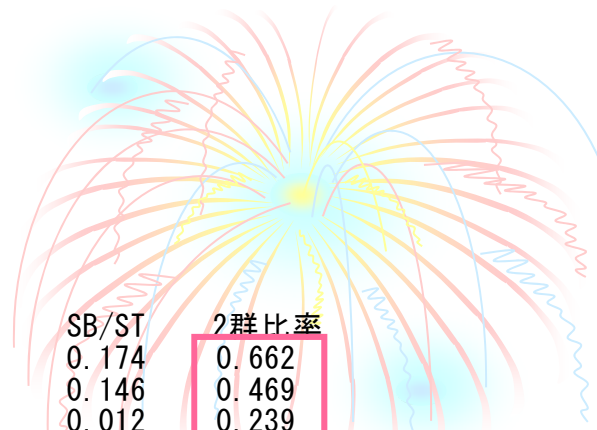


ノード・ツリー	ノード	n	被分割変数	カテゴリ
	0	12431		
	1	6386	SPM	<29.500
	3	3480	相对湿度%	<85.500
	7	2454	SPM	<21.500
	15	1568	相对湿度%	<81.500
	16	886	相对湿度%	=>81.500
	25	612	NO2	<17.500
	23	535	相对湿度%	<89.500
	29	102	S02	<3.500
	30	433	S02	=>3.500
	24	470	相对湿度%	=>89.500
	10	1372	降水量mm	=>0.250
	2	6045	SPM	=>29.500
	5	1194	相对湿度%	<78.500
	19	386	SPM	<40.500
	20	808	SPM	=>40.500
	6	4851	相对湿度%	=>78.500
	11	3026	相对湿度%	<89.500
	17	1017	SPM	<40.500
	18	2009	SPM	=>40.500
	12	1825	相对湿度%	=>89.500

発生条件(1)

SPM( $\mu\text{m}/\text{m}^3$ ) => 29.5

相对湿度(%) => 89.5

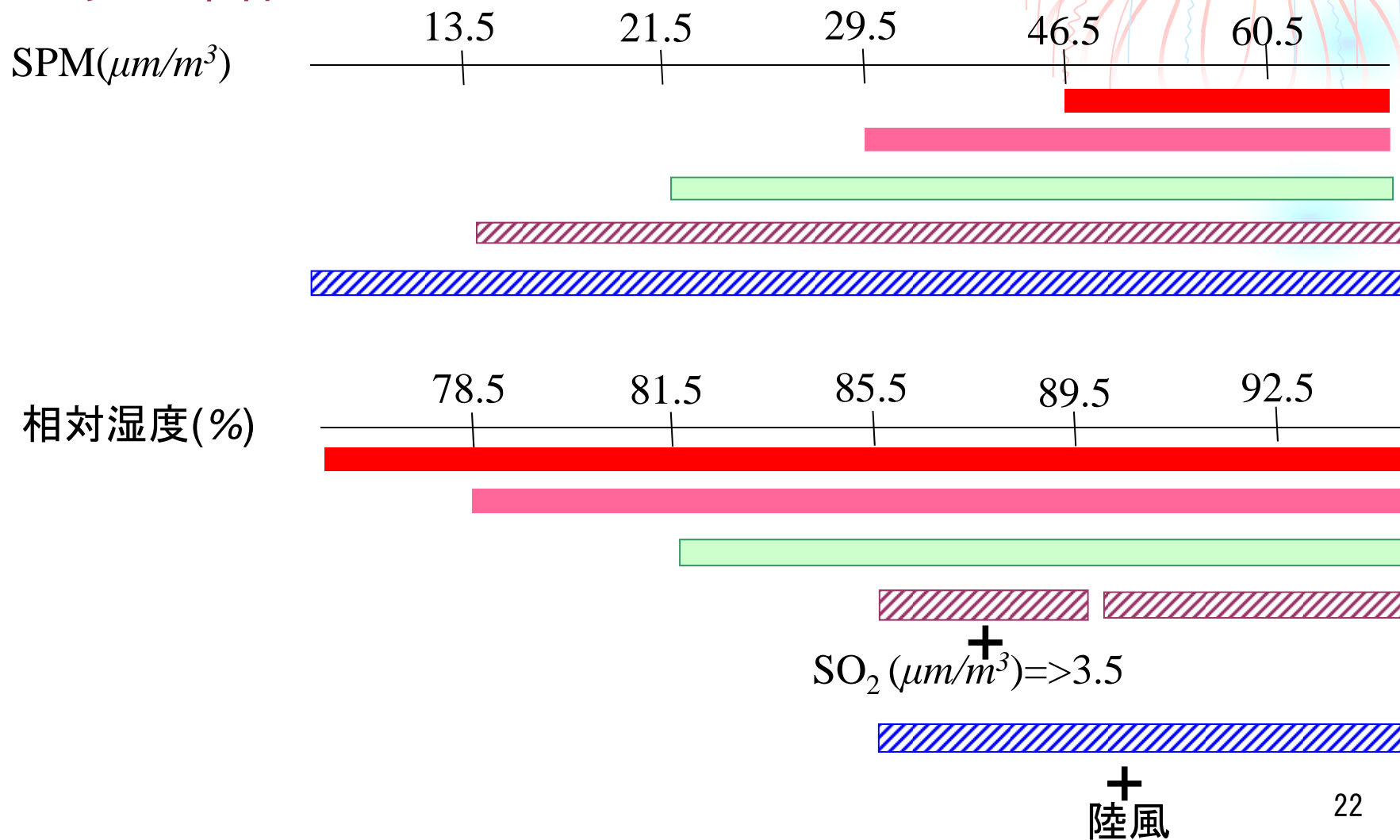


SB/ST	2群比率
0.174	0.662
0.146	0.469
0.012	0.239
0.006	0.175
停止4	0.113
0.004	0.284
停止4	0.212
	0.445
	0.394
	0.317
	0.128
	0.364
	0.540
	0.745
	0.600
	0.395
	0.286
	0.683
	0.708
0.002	0.606
停止2	0.392
停止4	0.656
停止4	0.826
停止4	0.907
0.023	0.865
0.007	0.657
停止4	0.466
停止4	0.749
0.003	0.916
0.004	0.882
停止4	0.802
停止4	0.923
停止3	0.972

# 4 多段層別分析

## 4.2 「霧+もや」

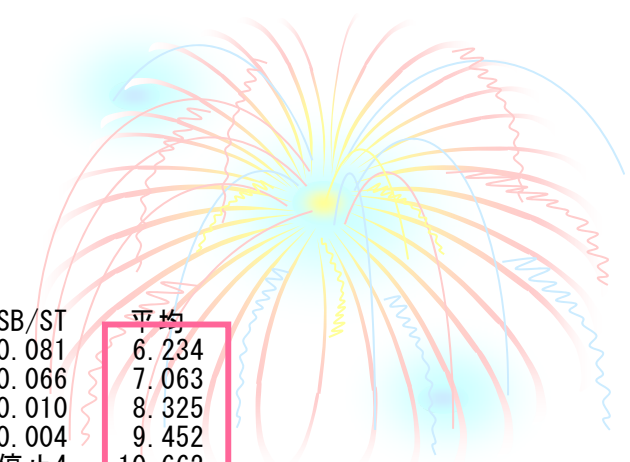
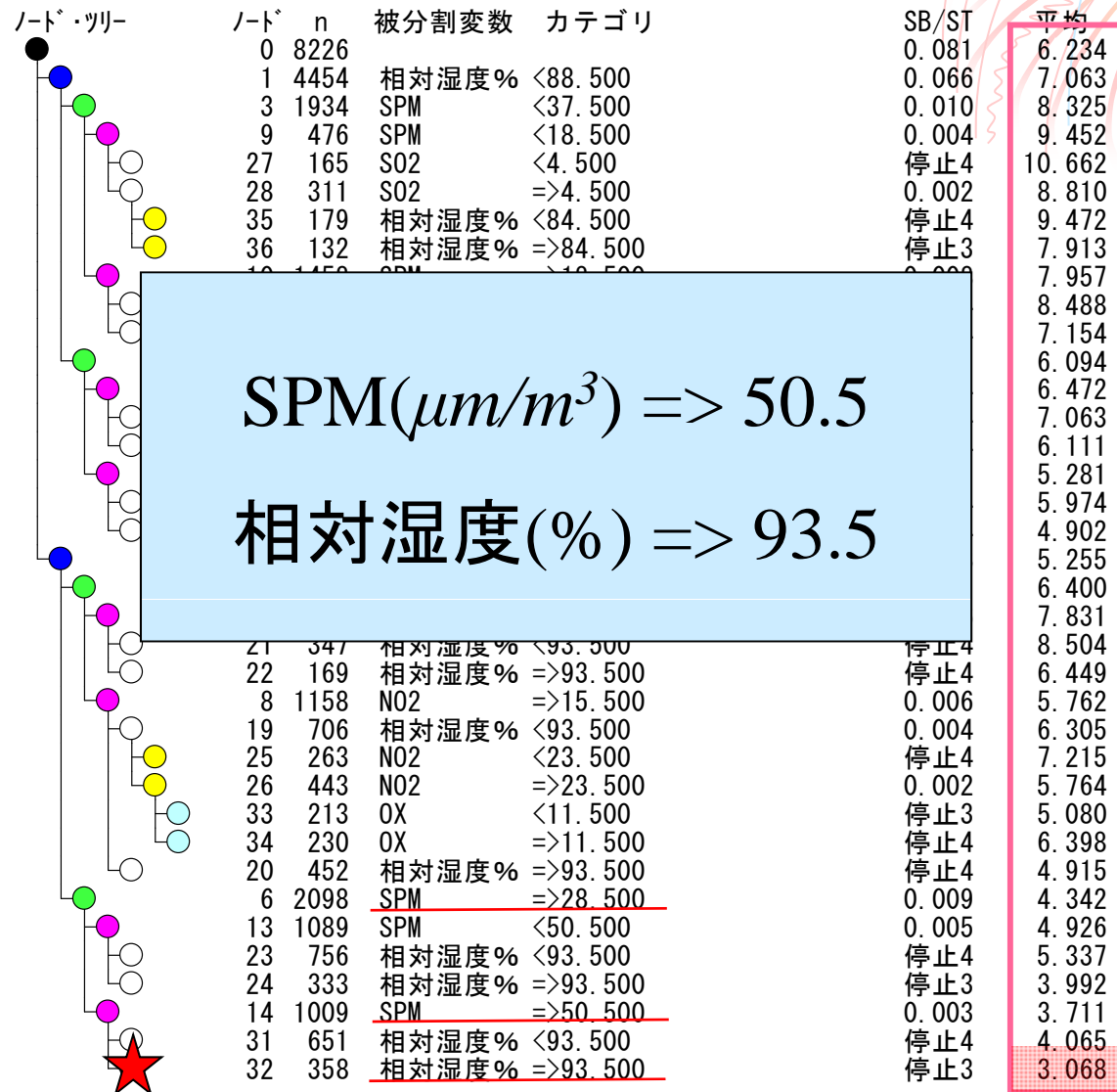
発生条件



# 4 多段層別分析

## 4.3 「霧」

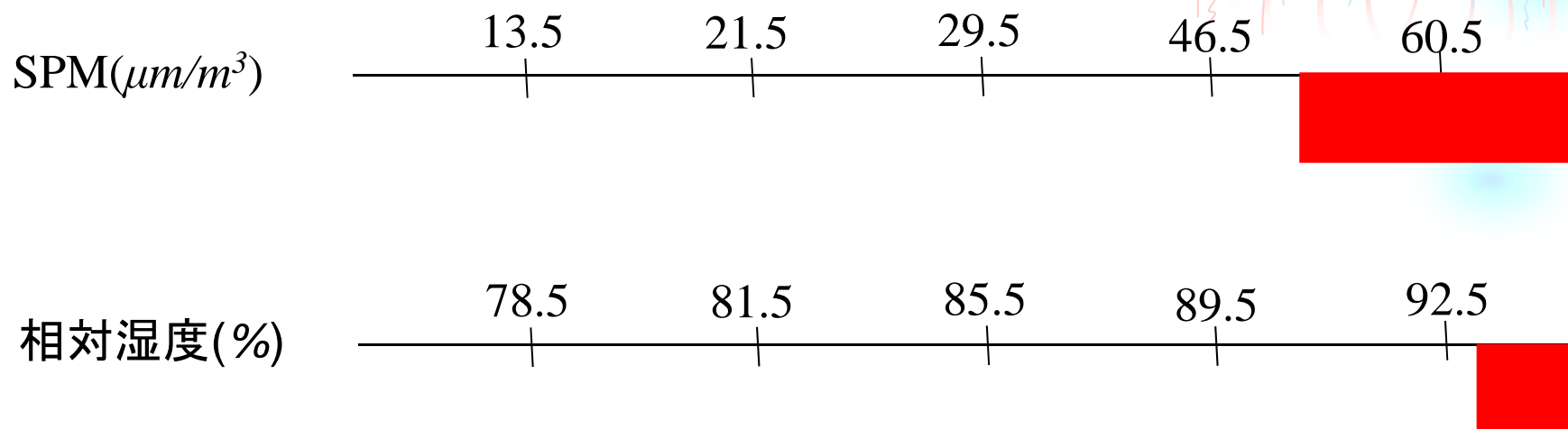
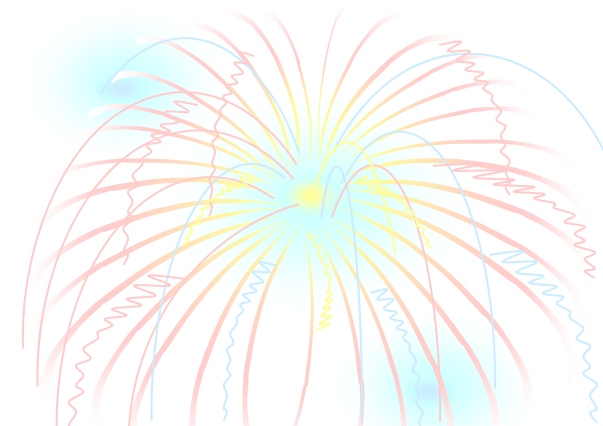
### 2進木



# 4 多段層別分析

## 4.3 「霧」

発生条件

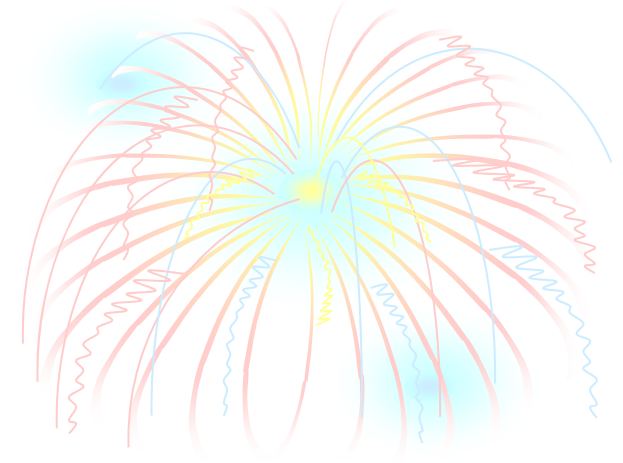


「霧」と「もや」の発生条件の違いは  
SPMと相対湿度の濃度の違い

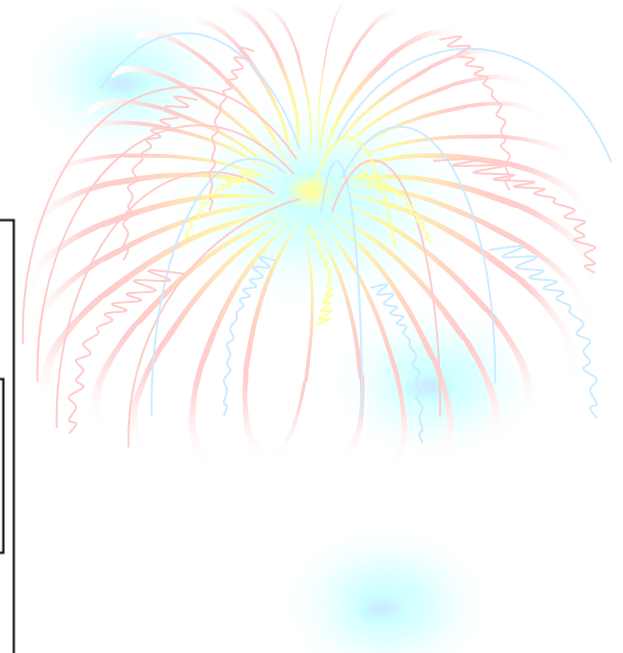


# 目次

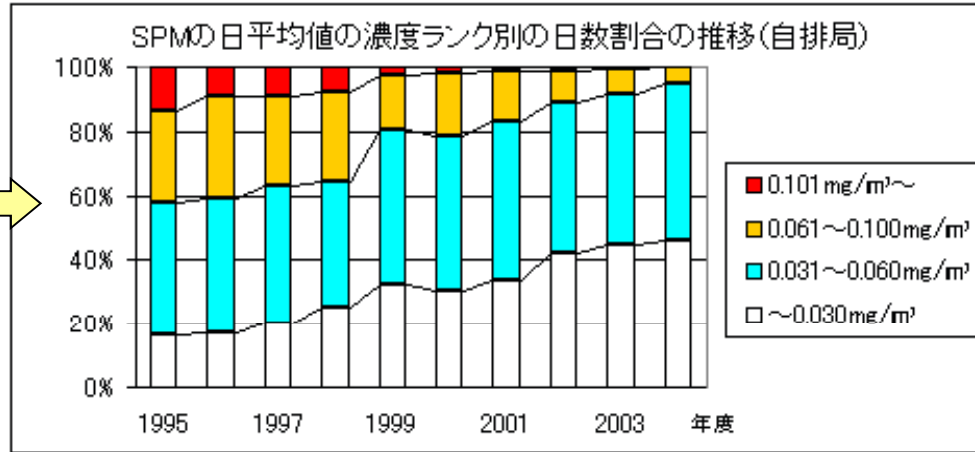
1. 序論
2. ロジスティック回帰分析
3. 共分散構造分析
4. 多段層別分析
5. 考察
6. 結果



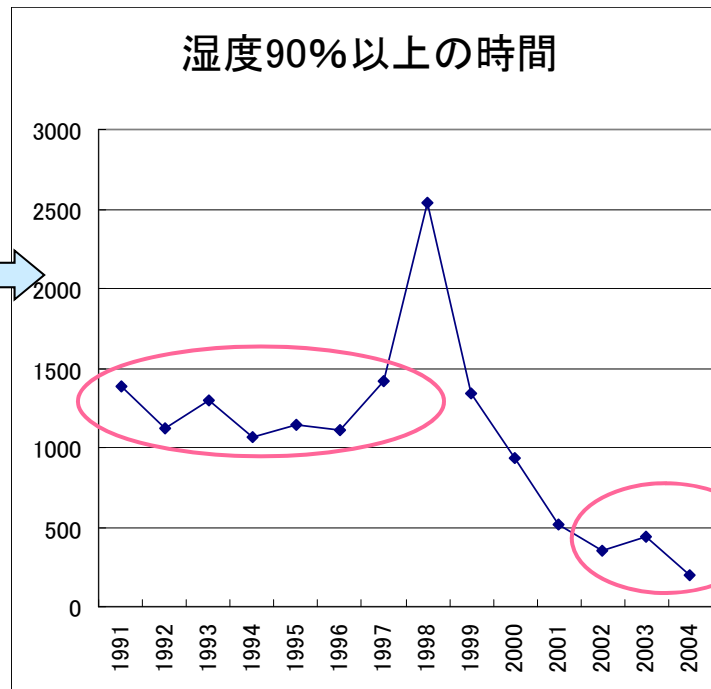
# 5 考察



SPM →



相対湿度 →

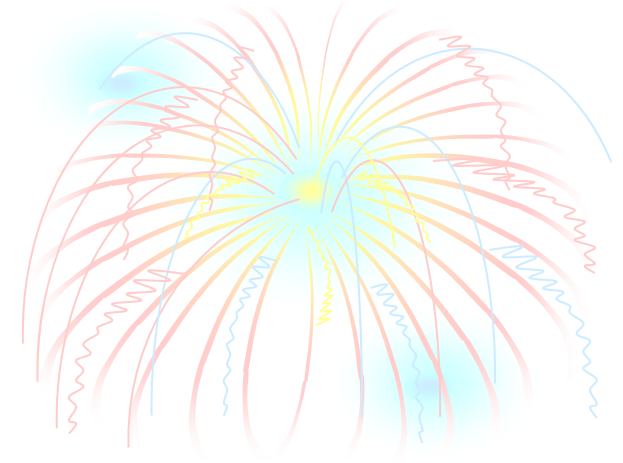


← 気温の上昇

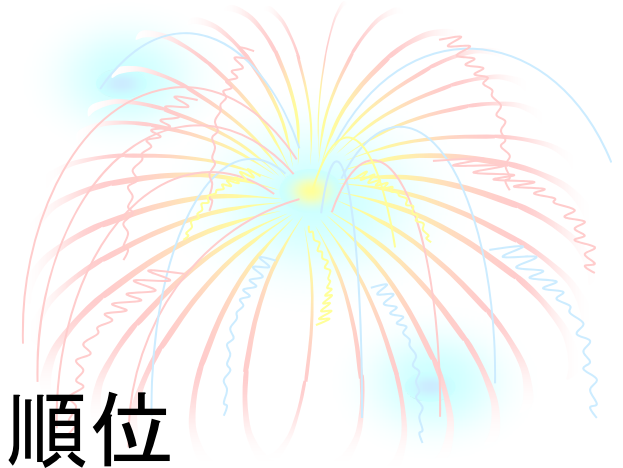
← 蒸気圧の減少

# 目次

1. 序論
2. ロジスティック回帰分析
3. 共分散構造分析
4. 多段層別分析
5. 考察
6. 結果



# 6 結論



## 霧ともやに対する影響度の順位

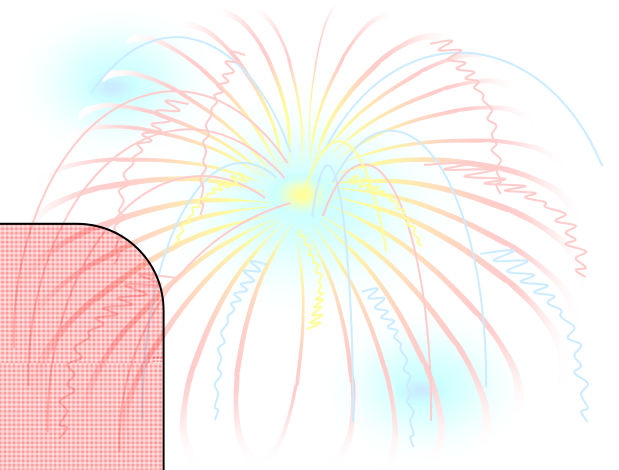
順位	(直接効果)霧ともやの発生	(間接効果)霧ともやの発生
	要因	要因
1	相対湿度	蒸気圧
2	SPM	NO2
3	NO2	風向
4	風向	気温°C
5	OX	降水量

# 6 結論

「霧」と「もや」の違い

=

SPM  
と  
相対湿度  
の濃度の違い



「霧」の減少要因

=

高濃度SPM  
発生の減少  
と  
高湿度  
発生の減少

蒸気圧の減少  
気温の上昇



掲載されている著作物の著作権については、制作した当事者に帰属します。

著作者の許可なく営利・非営利・イントラネットを問わず、本著作物の複製・転用・販売等を禁止します。

所属および役職等は、公開当時のものです。

■公開資料ページ

弊社ウェブページで各種資料をご覧ください <http://www.i-juse.co.jp/statistics/jirei/>

■お問い合わせ先

(株)日科技研 数理事業部 パッケージサポート係 <http://www.i-juse.co.jp/statistics/support/contact.html>