

7 PM_{2.5}及び光化学オキシダントの高濃度イベントの類型化

本章では、2015年度の東京都内においてPM_{2.5}及び光化学オキシダント（Ox）が高濃度となった日及び地点について、同日、同地点の共存大気汚染物質濃度や気象条件を含め、統計的解析による類型化を試みた。

7.1 解析に使用するデータの準備

高濃度イベントの類型化を実施するにあたり、以下に示すデータ準備を行った。

（1）データの取得

大気汚染物質濃度データは、2015年度の東京都内の各測定局において測定された、8成分の大気汚染物質（SO₂、NO、NO₂、CO、Ox、NMHC、SPM、PM_{2.5}）の1時間値を用いた。データは、国立環境研究所の「環境数値データベース」から取得した。

気象データは、2015年度の東京管区気象台において観測された、4つの気象要素（日合計全天日射量、日平均風速、日平均気温、日平均相対湿度）を用いた。気象庁の「過去の気象データ・ダウンロード」からデータを取得した。

（2）データの前処理

高濃度日における類型化を行うため、各大気汚染物質の日別値を整理した。光化学オキシダントについては日最高8時間値、ほかの大気汚染物質については日平均値をそれぞれ採用した。

光化学オキシダントの日最高8時間値の算出方法については、「光化学オキシダントの環境改善効果を適切に示すための指標に係る測定値の取り扱いについて（平成28年2月、環境省）」に準拠した。

ほかの大気汚染物質の日平均値の算出に際しては、「環境大気常時監視マニュアル 第6版（平成22年3月、環境省）」を基に、1日に20時間分以上の測定値がある日を有効測定日として採用した。

（3）高濃度イベントの抽出

各測定局の各日におけるPM_{2.5}及び光化学オキシダント濃度の日値が一定値以上となった日を、1つの高濃度イベントとして抽出した。

PM_{2.5}については、日平均値35 µg/m³以上を高濃度イベントの基準とした。抽出された高濃度イベントを表7-1に示す。

光化学オキシダントについては、日最高8時間値90 ppb以上を高濃度イベントの基準とした⁴⁴。抽出された高濃度イベントを表7-2に示す。

⁴⁴ 東京都政策目標値相当である70 ppb以上で抽出する場合、超過日数が多く確認されたことから、本解析では、PM_{2.5}の高濃度イベント数とおおむね同程度となった90 ppb以上を高濃度イベントの基準として採用した。

表 7-1 2015 年度に東京都で抽出された PM_{2.5} 高濃度イベント

日付	測定局名	PM _{2.5} 日平均値 (μg/m ³)
2015-04-01	江戸川区鹿骨	38
2015-04-01	※国設北の丸	41
2015-04-01	※国設新宿	36
2015-04-01	世田谷区世田谷	38
2015-04-01	清瀬市上清戸	39
2015-04-01	多摩市愛宕	38
2015-04-01	福生市本町	36
2015-04-06	※国設北の丸	41
2015-04-06	大田区東糀谷	44
2015-04-28	江戸川区鹿骨	37
2015-04-28	大田区東糀谷	39
2015-05-09	清瀬市上清戸	35
2015-05-16	福生市本町	36
2015-07-08	大田区東糀谷	35
2015-07-08	世田谷区世田谷	36
2015-07-26	大田区東糀谷	37
2015-07-26	世田谷区世田谷	38
2015-07-27	青梅市東青梅	36
2015-08-01	江戸川区鹿骨	46
2015-08-01	※国設霞が関	39
2015-08-01	※国設北の丸	38
2015-08-01	大田区東糀谷	43
2015-08-01	※国設新宿	38
2015-08-01	国設東京（新宿）	40
2015-08-01	世田谷区世田谷	43
2015-08-01	多摩市愛宕	35
2015-08-02	江戸川区鹿骨	37
2015-08-03	大田区東糀谷	37
2015-10-11	清瀬市上清戸	38
2015-12-10	江戸川区鹿骨	54
2015-12-10	※国設霞が関	43
2015-12-10	※国設北の丸	55
2015-12-10	大田区東糀谷	53
2015-12-10	※国設新宿	44
2015-12-10	世田谷区世田谷	50
2015-12-10	多摩市愛宕	39
2015-12-21	江戸川区鹿骨	40
2015-12-21	※国設北の丸	40

2015-12-21	大田区東糀谷	36
2015-12-21	世田谷区世田谷	36
2016-03-08	大田区東糀谷	37

- ※ 「※」は自動車排出ガス測定局を示す。
- ※ PM_{2.5}日平均値が 35 μg/m³以上を高濃度イベントの抽出基準とした。

表 7-2 2015 年度に東京都で抽出された光化学オキシダント高濃度イベント

日付	測定局名	Ox 日最高 8 時間値 (ppb)
2015-05-02	青梅市東青梅	92
2015-05-08	福生市本町	90
2015-05-08	青梅市東青梅	93
2015-05-15	福生市本町	101
2015-05-15	青梅市東青梅	104
2015-05-26	多摩市愛宕	91
2015-05-27	大田区東糀谷	99
2015-05-27	世田谷区世田谷	98
2015-05-27	清瀬市上清戸	114
2015-05-27	多摩市愛宕	112
2015-05-27	福生市本町	115
2015-05-27	青梅市東青梅	117
2015-06-24	多摩市愛宕	92
2015-06-24	福生市本町	95
2015-06-24	青梅市東青梅	98
2015-07-11	青梅市東青梅	92
2015-07-25	福生市本町	95
2015-07-25	青梅市東青梅	96
2015-07-26	江戸川区鹿骨	115
2015-07-26	※国設北の丸	100
2015-07-26	大田区東糀谷	109
2015-07-26	※国設新宿	99
2015-07-26	国設東京（新宿）	113
2015-07-26	世田谷区世田谷	127
2015-07-26	清瀬市上清戸	113
2015-07-26	多摩市愛宕	106
2015-07-26	福生市本町	102
2015-07-26	青梅市東青梅	105
2015-07-27	世田谷区世田谷	104
2015-07-27	清瀬市上清戸	108
2015-07-27	福生市本町	103
2015-07-27	青梅市東青梅	107
2015-07-29	福生市本町	93
2015-07-29	青梅市東青梅	92
2015-08-01	国設東京（新宿）	92
2015-08-01	世田谷区世田谷	103
2015-08-01	清瀬市上清戸	91
2015-08-01	福生市本町	92

2015-08-01	青梅市東青梅	99
2015-08-07	※国設北の丸	92
2015-08-07	大田区東糀谷	99
2015-08-07	国設東京（新宿）	96
2015-08-07	世田谷区世田谷	112
2015-08-07	清瀬市上清戸	101
2015-08-07	多摩市愛宕	110
2015-08-07	福生市本町	103
2015-08-07	青梅市東青梅	100

※ 「※」は自動車排出ガス測定局を示す。

※ 日最高8時間値 90 ppb 以上を高濃度イベントの基準とした。東京都政策目標値相当である 70 ppb 以上で抽出する場合、超過日数が多く確認されたことから、本解析では、PM_{2.5} の高濃度イベント数とおおむね同程度となった 90 ppb 以上を高濃度イベントの基準として採用した。

7.2 主成分分析を用いた高濃度イベントの類型化

1つの高濃度イベントは、7.1で整理したデータでは12次元空間（大気汚染物質濃度8次元、気象要素4次元）中の1点として表されると考えることができる。高次元データを、そのままの状態で解釈することは困難であるため、類型化に当たっては、元のデータの持つ情報を可能な限り保持したまま、より低次元の空間内で表現することが必要となる。本解析では、こうした目的で用いられる多変量解析手法のうち、特によく用いられている主成分分析を採用した。

主成分分析では、最初に、高次元空間内のデータの点全体に対して、最も分散が大きくなる方向を求め、それを第1主成分とする。次に、第1主成分と垂直な方向のうち、分散が最も大きくなる方向を求め、それを第2主成分とする。以下、この手続きを、データのばらつきを説明するのに十分な数の主成分が得られるまで繰り返す。

主成分分析の結果は、図7-1のようなバイプロットで表される。バイプロットの縦軸及び横軸は、主成分分析で得られた各主成分に対応する。図中の地点名及び日付は、2つの主成分で張られた平面上に投影された各高濃度イベントに対応する。また、図中の大気汚染物質名や気象要素名が付された矢印は、対応する要素の値がその方向に増加することを表す。すなわち、矢印の方向が類似する要素同士は、値の相関が高いことになる。

7.2.1 PM_{2.5}の類型化

2015年度に東京都で発生したPM_{2.5}高濃度イベントにおける大気汚染物質濃度及び気象要素データに対して主成分分析を行った。その結果、第4主成分までで累積寄与率（データの持つ分散のうち、その主成分までで説明される割合）が約90%となった（表7-3）。以下では第4主成分までに注目して、解釈を行った。

表 7-3 PM_{2.5}高濃度イベントに対する主成分分析結果（各主成分の寄与率）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
寄与率	0.586	0.174	0.087	0.049	0.034
累積寄与率	0.586	0.759	0.846	0.896	0.930

各主成分の固有ベクトルを、表 7-4 に示す。各主成分について、次のように解釈した。

- 第 1 主成分：寒候期及び暖候期における PM_{2.5} の二次生成機構の違い
 - ▶ 前駆物質のうち、冬季に高濃度となる NO_x 及び NMHC の係数が大きな正の値 (0.3 程度) となった。一方、夏季に増大する気温及び全天日射量の係数が大きな負の値 (-0.3 程度) となった。
- 第 2 主成分：SO₂ 濃度の大小
 - ▶ 前駆物質の 1 つである SO₂ の係数が大きな正の値 (0.5 程度) となった。
- 第 3 主成分：吸湿効果の大小
 - ▶ 湿度の係数が大きな負の値 (-0.7) となった。
- 第 4 主成分：不明瞭
 - ▶ 各主成分の固有ベクトルでは明確な傾向を示す解釈が困難であったため、不明瞭とした。

表 7-4 PM_{2.5} 高濃度イベントに対する主成分分析結果 (各主成分の固有ベクトル)

	PC1	PC2	PC3	PC4
SO ₂	-0.102	0.517	0.394	0.522
NO	0.324	0.194	0.022	-0.296
NO ₂	0.349	0.157	0.067	0.258
CO	0.313	0.316	0.058	-0.067
Ox	-0.333	0.110	-0.020	-0.123
NMHC	0.338	0.237	-0.024	0.221
SPM	-0.150	0.515	-0.287	-0.353
PM _{2.5}	0.232	0.322	-0.334	-0.290
irradiance	-0.299	0.282	0.270	-0.025
wind_speed	-0.345	0.125	0.109	-0.103
temperature	-0.354	0.183	-0.050	-0.077
humidity	-0.173	0.073	-0.745	0.529

※ irradiance は全天日射量、wind_speed は風速、temperature は気温、humidity は相対湿度を示す。

主成分分析結果のバイプロットについて、第 1 主成分と第 2 主成分のバイプロットを図 7-1 に、同図を季節分類したバイプロットを図 7-2、経度による分類したバイプロットを図 7-3、第 2 主成分と第 3 主成分のバイプロットを図 7-4、第 3 主成分と第 4 主成分のバイプロットを図 7-5 に示す。これらの図から、上記の解釈を支持する、次の傾向が確認された。

- ① 各イベントを発生した季節で色分けすると (図 7-2)、第 1 主成分が正の領域に寒候期のイベントが、負の領域に暖候期のイベントが、それぞれ集中している。
- ② 各イベントを発生地点の経度で色分けすると (図 7-3)、第 2 主成分が負の領域に、SO₂ 発生源が少ない東京都西部のイベントが集中している。

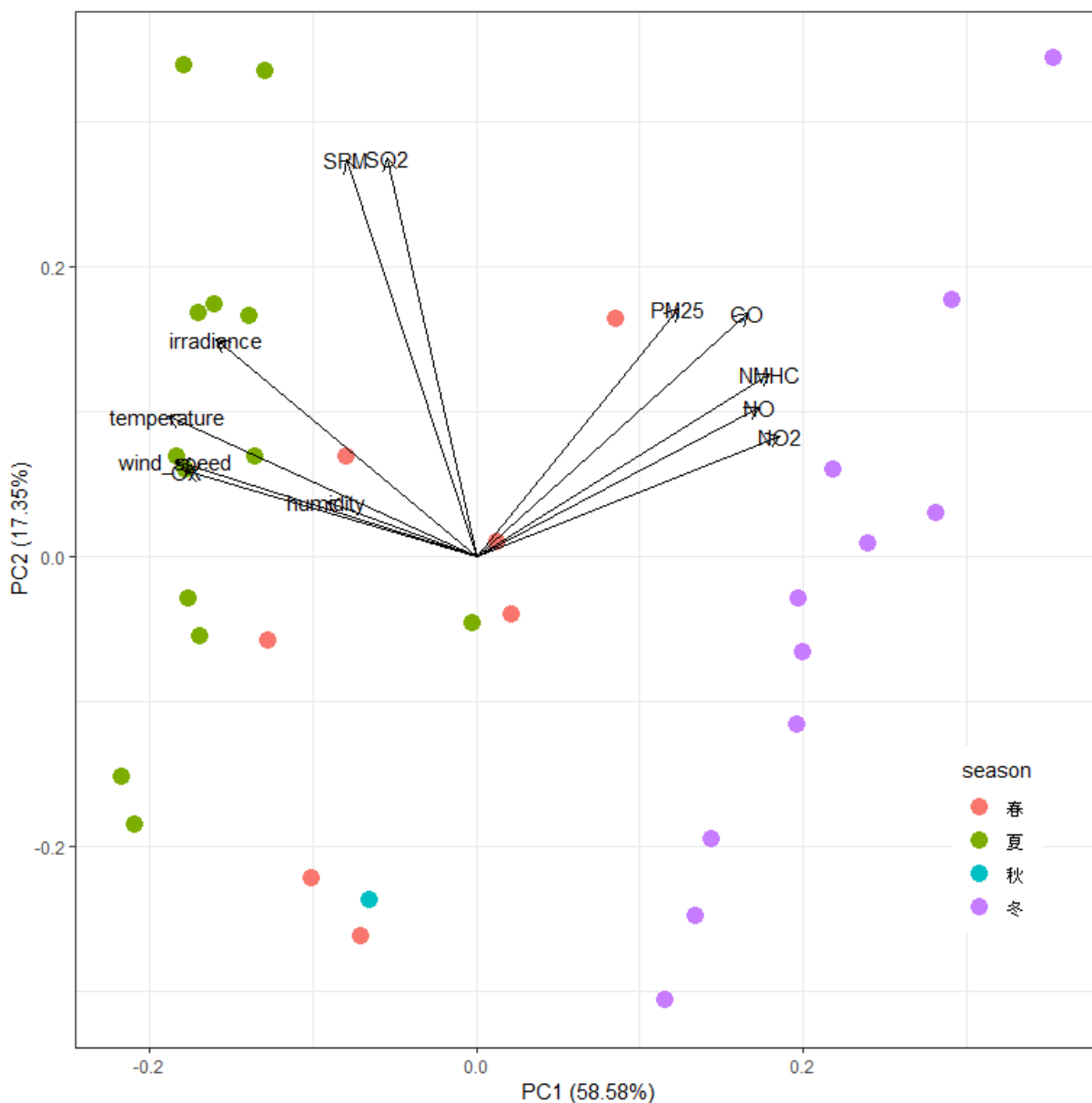


図 7-2 2015 年度に東京都で発生した PM_{2.5} 高濃度イベントに対する主成分分析結果
 横軸：第 1 主成分（寒候期及び暖候期の二次生成機構の違い）
 縦軸：第 2 主成分（SO₂ 濃度の大小）
 （図 7-1 の各高濃度イベントを季節により色分け）

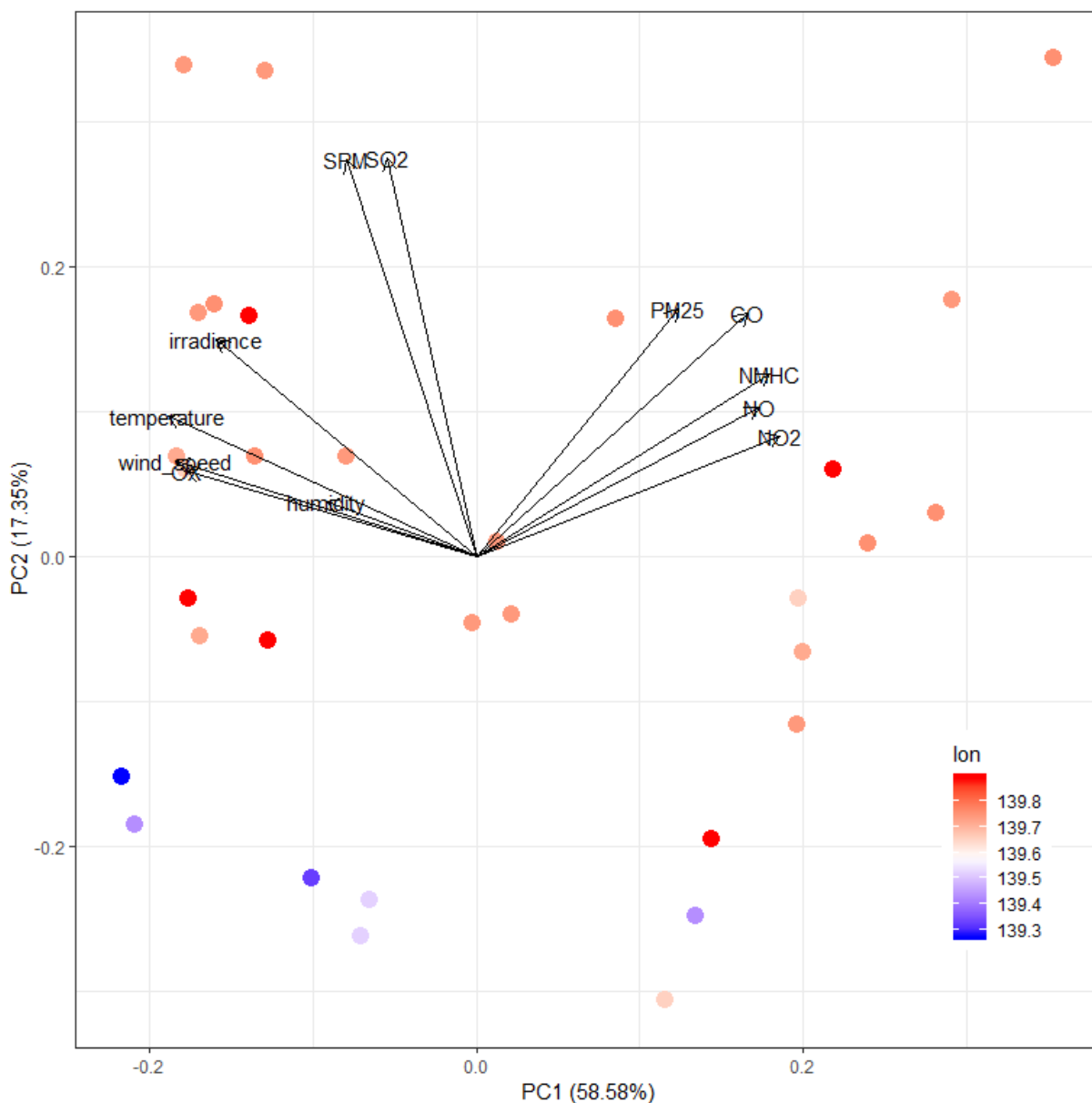


図 7-3 2015 年度に東京都で発生した PM_{2.5} 高濃度イベントに対する主成分分析結果
 横軸：第 1 主成分（寒候期及び暖候期における PM_{2.5} の二次生成機構の違い）縦軸：第 2 主成分（SO₂ 濃度の大小）
 （図 7-1 の各高濃度イベントを経度により色分け）

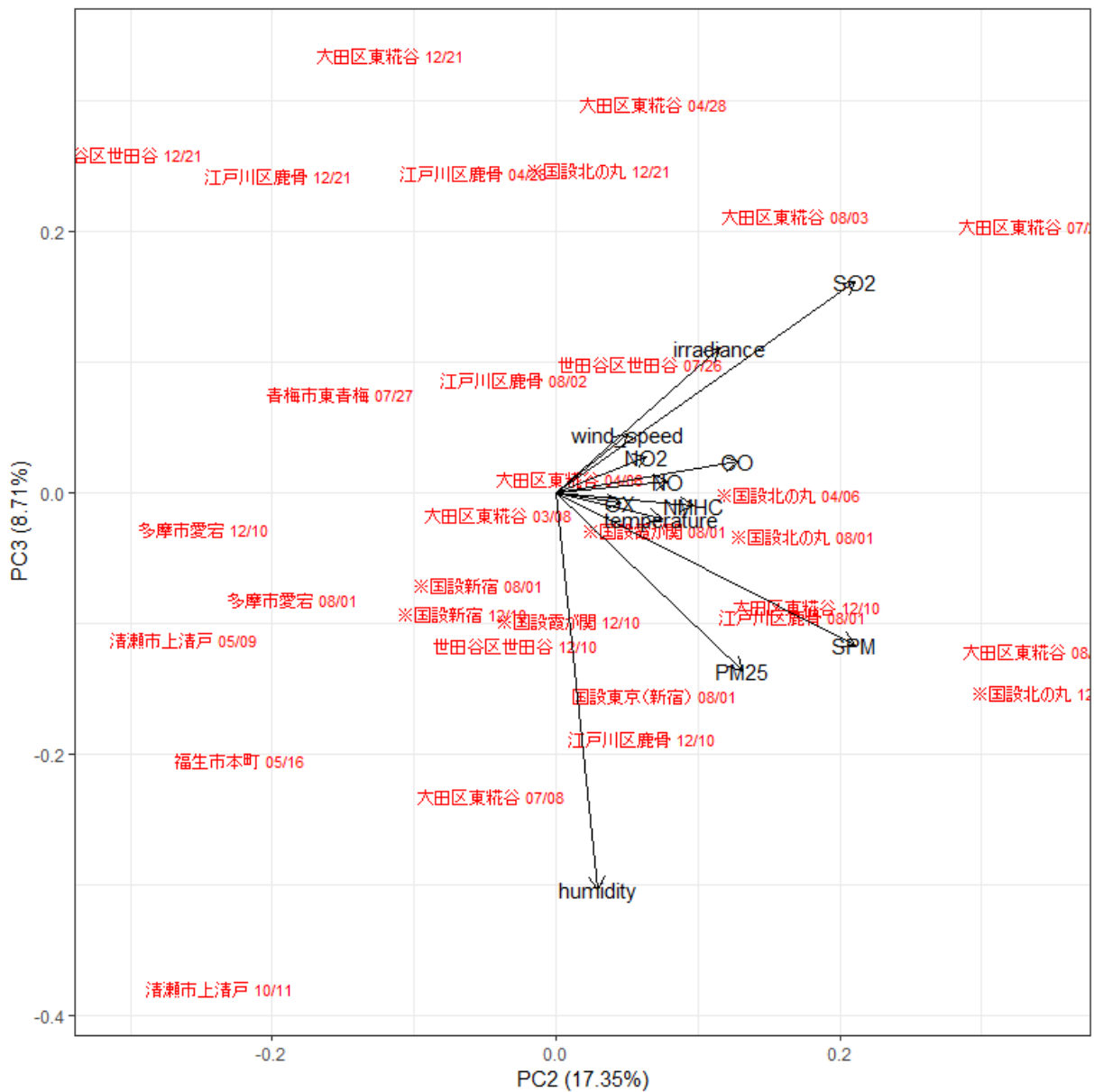


図 7-4 2015 年度に東京都で発生した PM_{2.5} 高濃度イベントに対する主成分分析結果

横軸：第 2 主成分 (SO₂ 濃度の大小) 縦軸：第 3 主成分 (吸湿効果の大小)

※ 「※」は国設の自動車排出ガス測定局を示す。

※ 第 3 主成分 (PC3) では、湿度 (humidity) の係数が大きな負の方向を示すことから、吸湿効果の大小により PM_{2.5} の高濃度イベントが分類されていると考えられる。

7.2.2 光化学オキシダントの類型化

2015年度に東京都で発生した光化学オキシダント高濃度イベント時の大気汚染物質濃度及び気象要素データに対して主成分分析を行った。その結果、第4主成分までで累積寄与率（データの持つ分散のうち、採用した主成分で説明される割合）が約83%となった。以下では第4主成分までに注目して解釈を行った。

表 7-5 光化学オキシダント高濃度イベントに対する主成分分析結果（各主成分の寄与率）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
寄与率	0.407	0.215	0.123	0.087	0.058
累積寄与率	0.407	0.622	0.745	0.832	0.890

各主成分の固有ベクトルを、表 7-5 に示す。各主成分について、次のように解釈した。

- 第1主成分：前駆物質濃度の大小
 - 前駆物質であるNO_x及びNMHCが大きな負の値（-0.3程度）となった。
- 第2主成分：高濃度化に寄与した気象要素の相違
 - 全天日射量及び風速の係数が大きな正の値となった。一方、気温及び相対湿度の係数が大きな負の値となった。
- 第3主成分：NOタイトレーション効果の大小
 - NOの係数が大きな正の値（0.4程度）となった。一方、O_xの係数が大きな負の値（-0.6程度）となった。
- 第4主成分：不明瞭
 - 各主成分の固有ベクトルでは明確な傾向を示す解釈が困難であったため、不明瞭とした。

表 7-6 光化学オキシダント高濃度イベントに対する主成分分析結果(各主成分の固有ベクトル)

	PC1	PC2	PC3	PC4
SO ₂	-0.377	0.189	0.034	-0.114
NO	-0.309	0.142	0.408	0.015
NO ₂	-0.350	0.303	0.189	0.162
CO	-0.387	0.078	0.083	-0.277
Ox	-0.092	0.117	-0.645	-0.323
NMHC	-0.392	0.159	0.058	-0.040
SPM	-0.378	-0.191	-0.146	0.071
PM _{2.5}	-0.311	-0.132	-0.462	0.129
irradiance	0.121	0.333	-0.044	-0.685
wind_speed	0.083	0.460	-0.306	0.355
temperature	-0.249	-0.398	-0.162	0.153
humidity	-0.066	-0.521	0.114	-0.370

※ irradiance は全天日射量、wind_speed は風速、temperature は気温、humidity は相対湿度を示す。

主成分分析結果のバイプロットについて、第1主成分と第2主成分のバイプロットを図7-6、経度による分類したバイプロットを図7-7、季節分類したバイプロットを図7-8、第2主成分と第3主成分のバイプロットを図7-9、同図を経度による分類したバイプロットを図7-10、第3主成分と第4主成分のバイプロットを図7-11に示す。これらの図から、上記の解釈を支持する、次の傾向が確認された。

- ① 各イベントを発生地点の経度で色分けすると(図7-7)、第1主成分が負の領域に、前駆物質の発生源が多い東京都東部のイベントが集中している。
- ② 各イベントを発生した季節で色分けすると(図7-8)、第2主成分が正の領域に春季のイベントが、負の領域に夏季のイベントが、それぞれ集中している。
- ③ 各イベントを発生地点の測定局種別で色分けすると(図7-10)、第3主成分が正の領域に自排局でのイベントが集中しており、NOのタイトレーション効果の大小による光化学オキシダントの高濃度イベントが分類されていると考えられる。

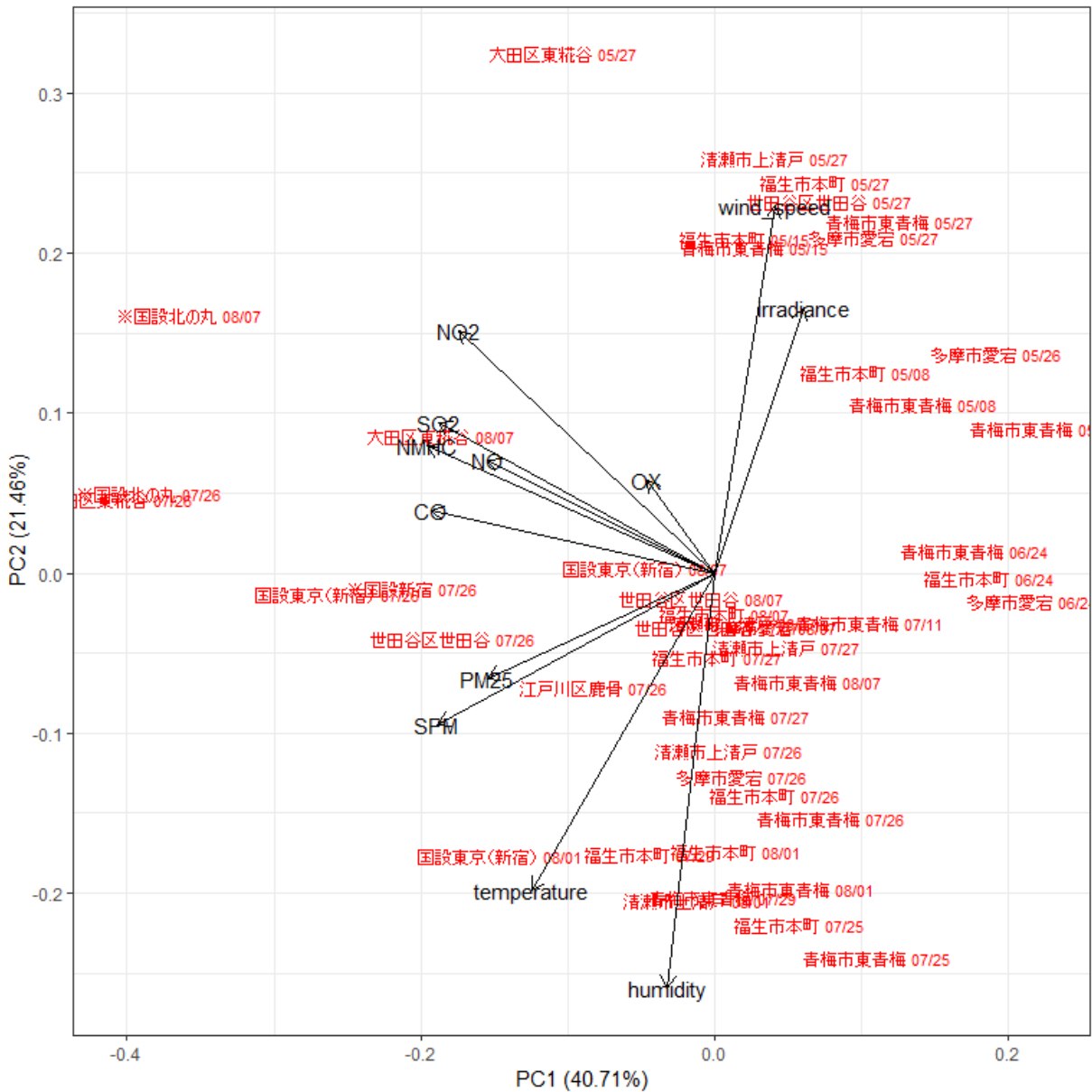


図 7-6 2015 年度に東京都で発生した光化学オキシダント高濃度イベントに対する主成分分析結果

横軸：第 1 主成分（前駆物質濃度の大小）

縦軸：第 2 主成分（高濃度化に寄与した気象要素の相違）

- ※ 「※」は国設の自動車排出ガス測定局を示す。
- ※ 第 1 主成分（PC1）では、前駆物質である NO_x 及び NMHC が大きな負の方向を示す。
- ※ 各イベントを発生地点の経度で色分けすると（図 7-7）、第 1 主成分が負の領域には、前駆物質の発生源が多いとされる東京都東部のイベントが集中していることが確認できる。
- ※ 第 2 主成分（PC2）では、全天日射量（irradiance）及び風速（wind_speed）が大きな正の方向を示す一方、気温及び相対湿度が大きな負の方向を示す。
- ※ 各イベントを発生した季節で色分けすると（図 7-8）、第 2 主成分が正の領域には春季、負の領域には夏季のイベントがそれぞれ集中しており、気象要因により分類されていると考えられる。

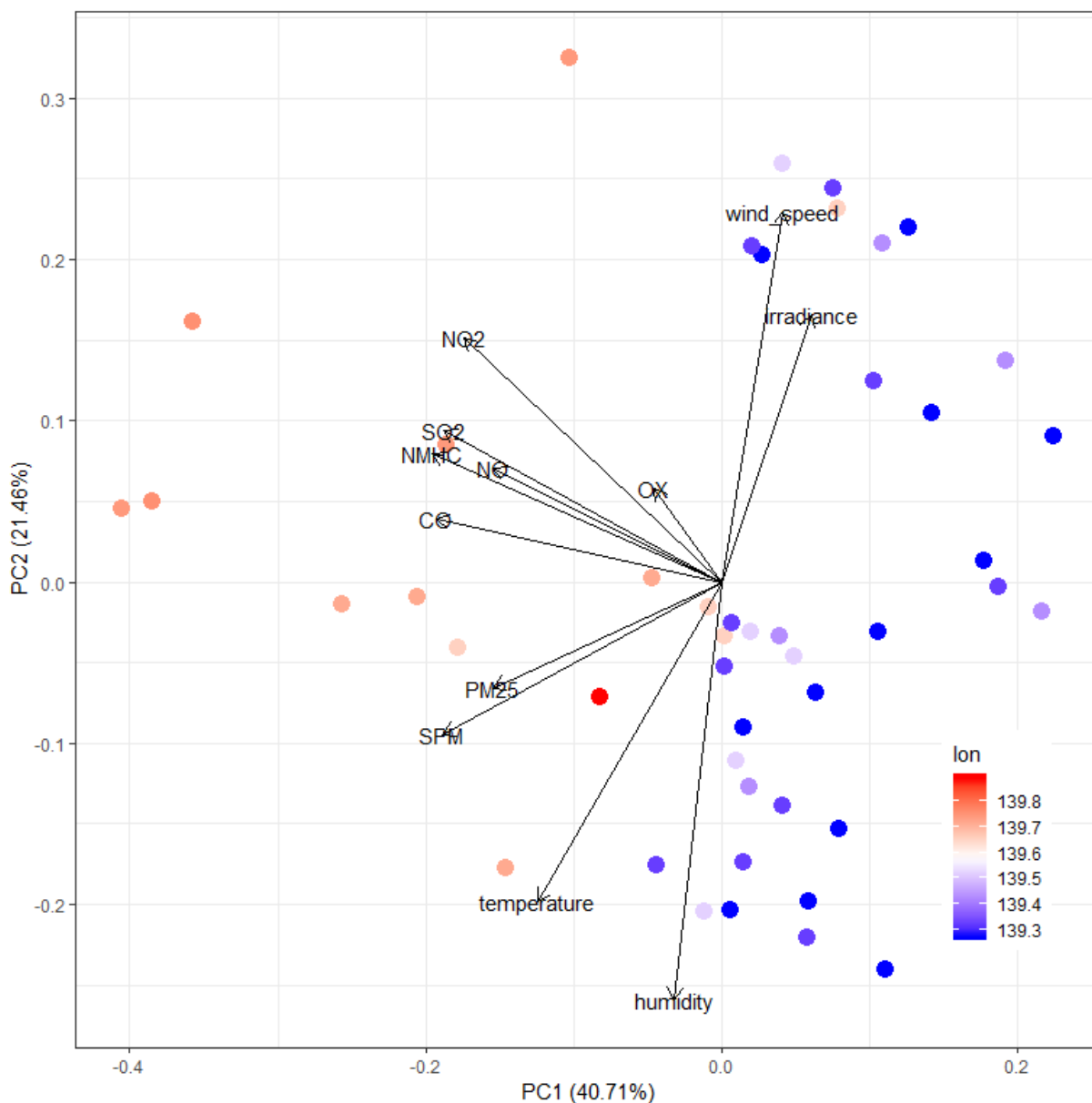


図 7-7 2015 年度に東京都で発生した光化学オキシダント高濃度イベントに対する主成分分析結果（図 7-6 の各高濃度イベントを経度により色分け）

横軸：第 1 主成分（前駆物質濃度の大小）

縦軸：第 2 主成分（高濃度化に寄与した気象要素の相違）

※ 第 1 主成分が負の領域には、前駆物質の発生源が多いとされる東京都東部のイベントが集中していることが確認できる。

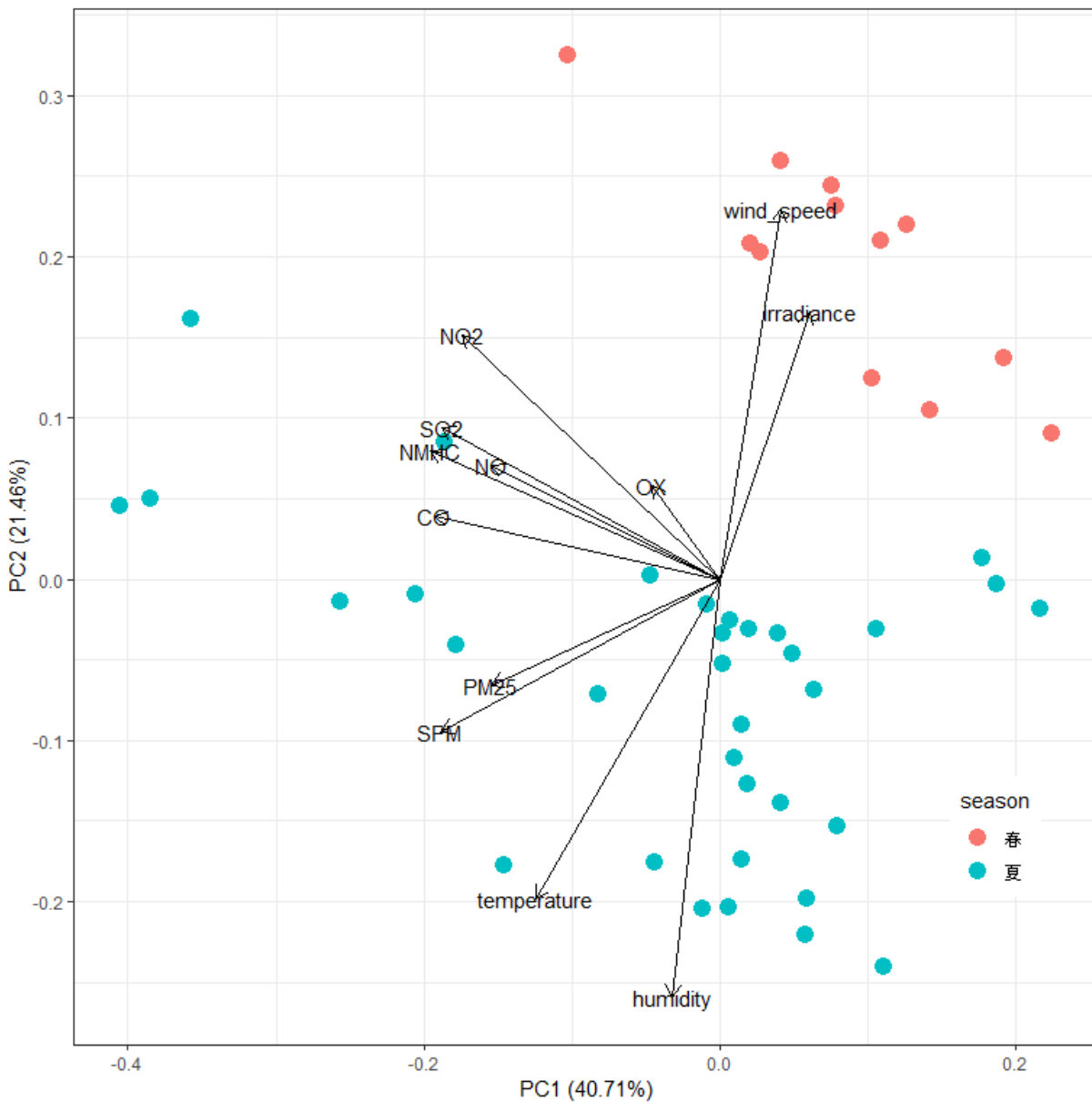


図 7-8 2015 年度に東京都で発生した光化学オキシダント高濃度イベントに対する主成分分析結果（図 7-6 の各高濃度イベントを季節により色分け）

横軸：第 1 主成分（前駆物質濃度の大小）

縦軸：第 2 主成分（高濃度化に寄与した気象要素の相違）

※ 第 2 主成分が正の領域には春季、負の領域には夏季のイベントがそれぞれ集中しており、気象要因により分類されていると考えられる。

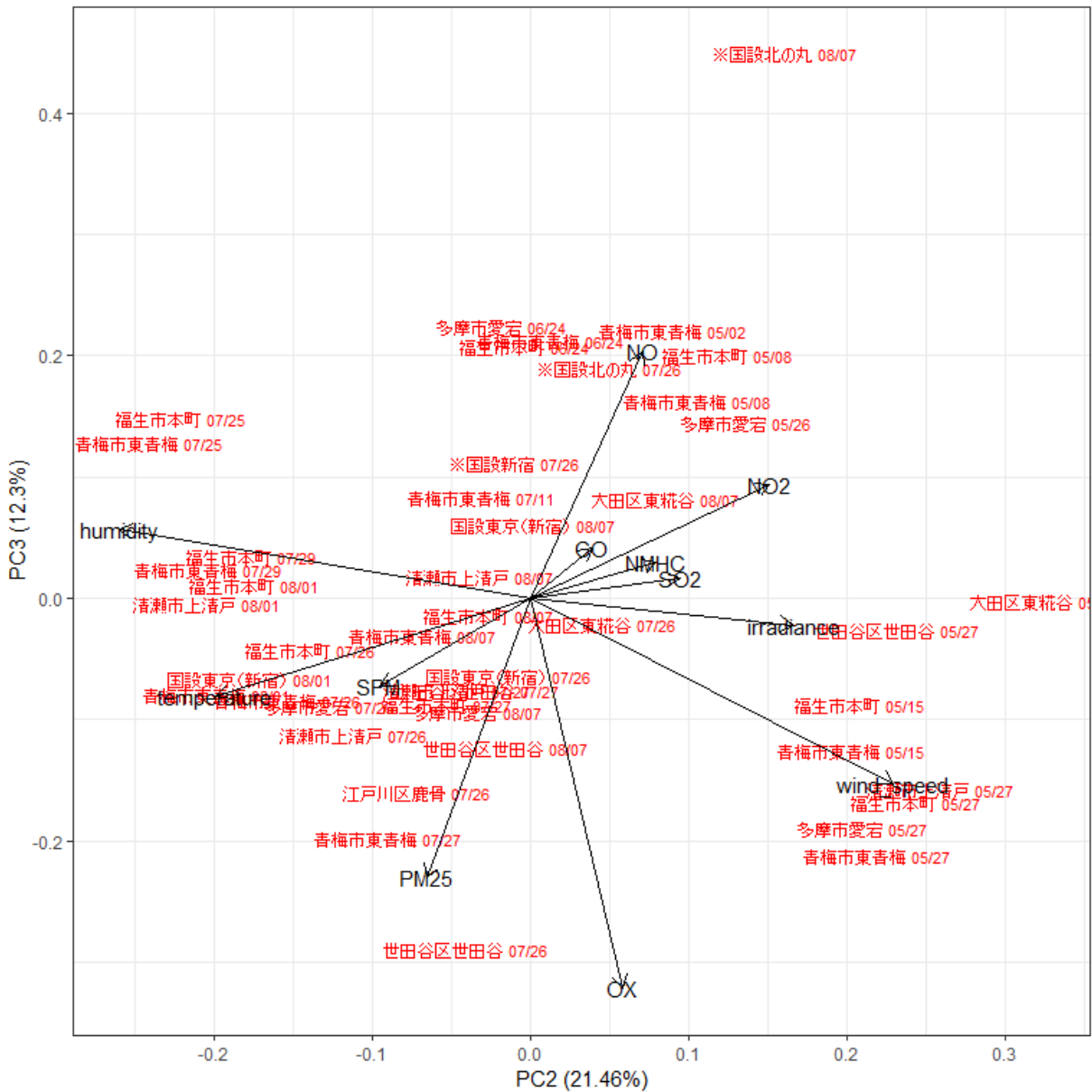


図 7-9 2015 年度に東京都で発生した光化学オキシダント高濃度イベントに対する主成分分析結果

横軸：第 2 主成分（高濃度化に寄与した気象要素の相違）

縦軸：第 3 主成分（NO タイトレーション効果の大小）

※ 「※」は国設の自動車排出ガス測定局を示す。

※ 第 3 主成分 (PC3) では、NO が大きな正の方向を示す一方、光化学オキシダントが大きな負の方向を示している。

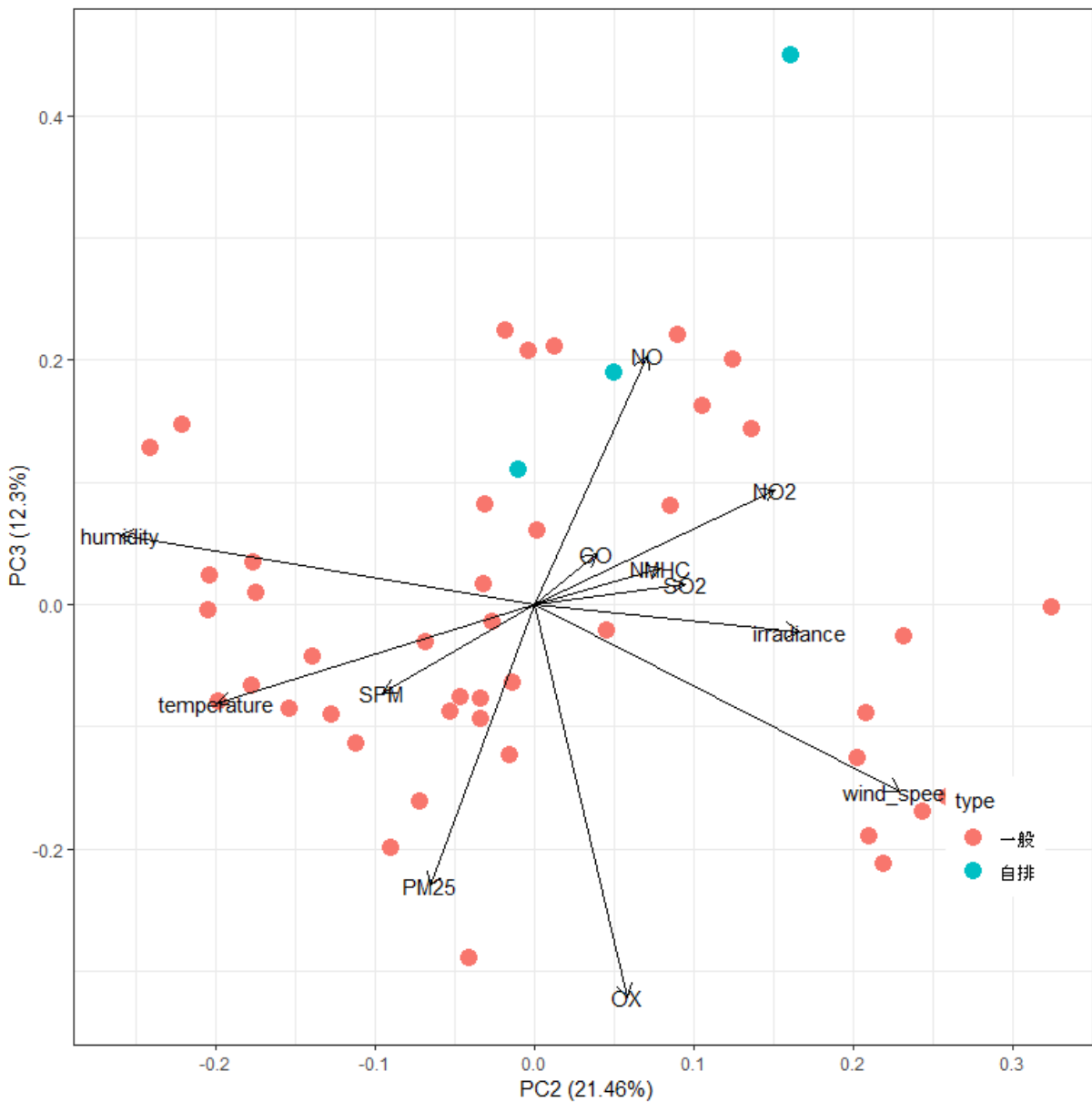


図 7-10 2015 年度に東京都で発生した光化学オキシダント高濃度イベントに対する主成分分析結果（図 7-9 の各高濃度イベントを経度により色分け）

横軸：第 2 主成分（高濃度化に寄与した気象要素の相違）

縦軸：第 3 主成分（NO タイトレーション効果の大小）

※ 第 3 主成分（PC3）の正の領域に自排局でのイベントが集中しており、NO のタイトレーション効果の大小による光化学オキシダントの高濃度イベントが分類されていると考えられる。

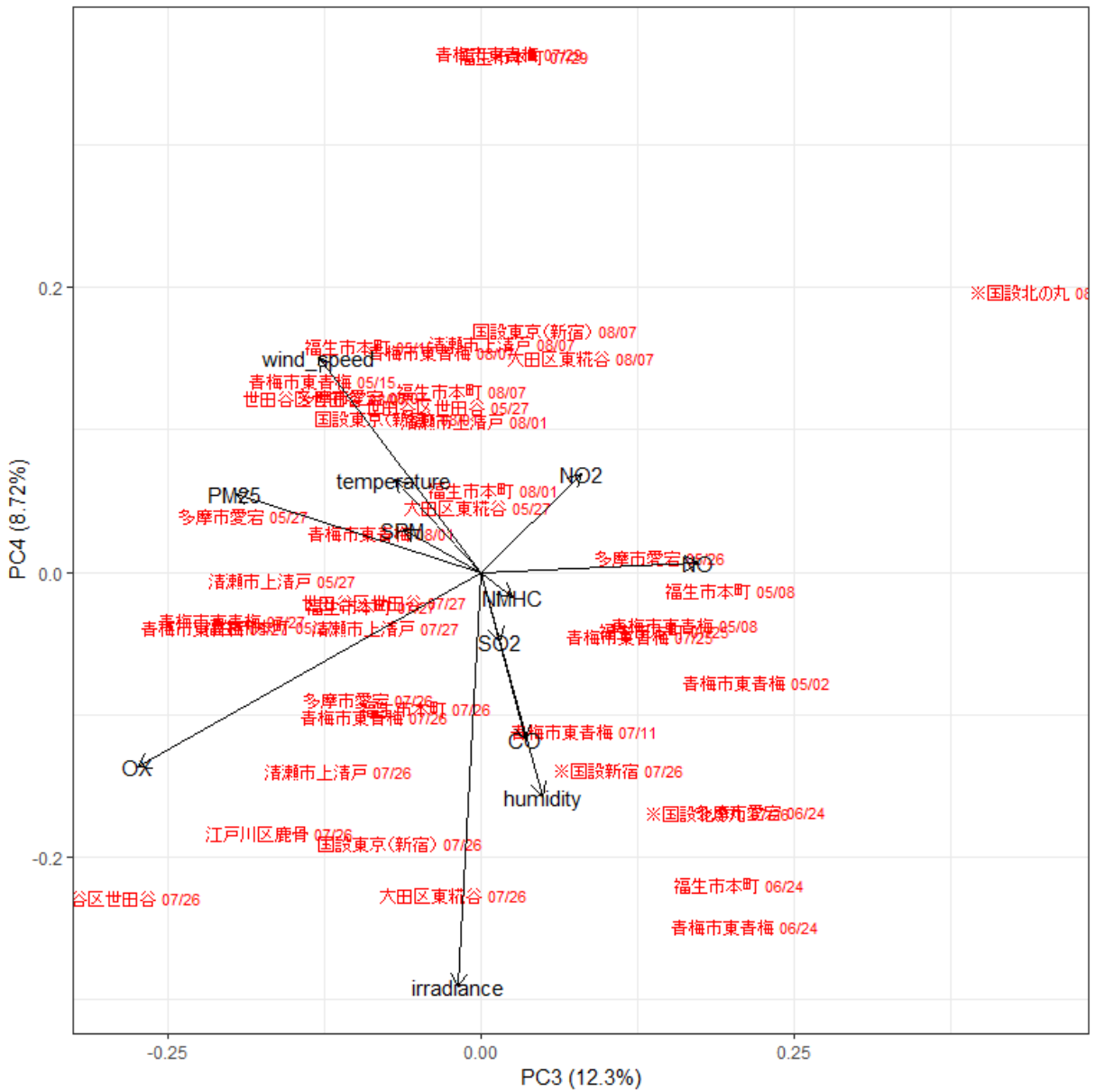


図 7-11 2015 年度に東京都で発生した光化学オキシダント高濃度イベントに対する主成分分析結果

横軸：第 3 主成分 (NO タイトレーション効果の大小)

縦軸：第 4 主成分 (不明瞭)

※ 「※」は国設の自動車排出ガス測定局を示す。