

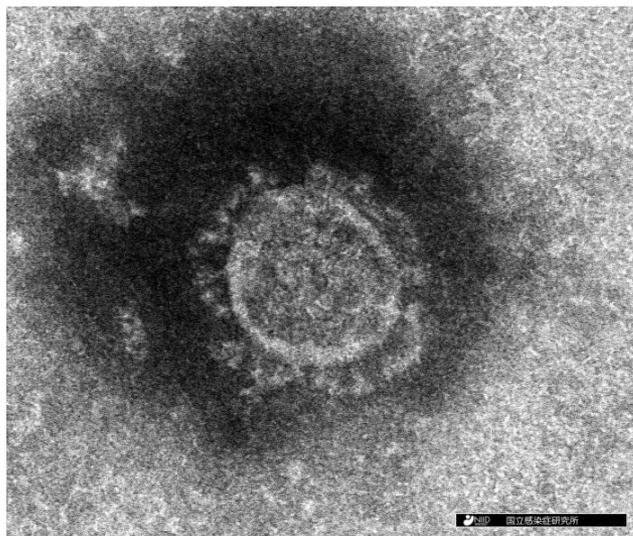
陽性者数の増減に係る 人流・雪等の直接・間接効果

気象・気候ダイナミクス研究室 学部4年

518376 山下 将大

指導教員 立花 義裕 教授

▶ 研究背景・目的 ① ～ 人流と感染症

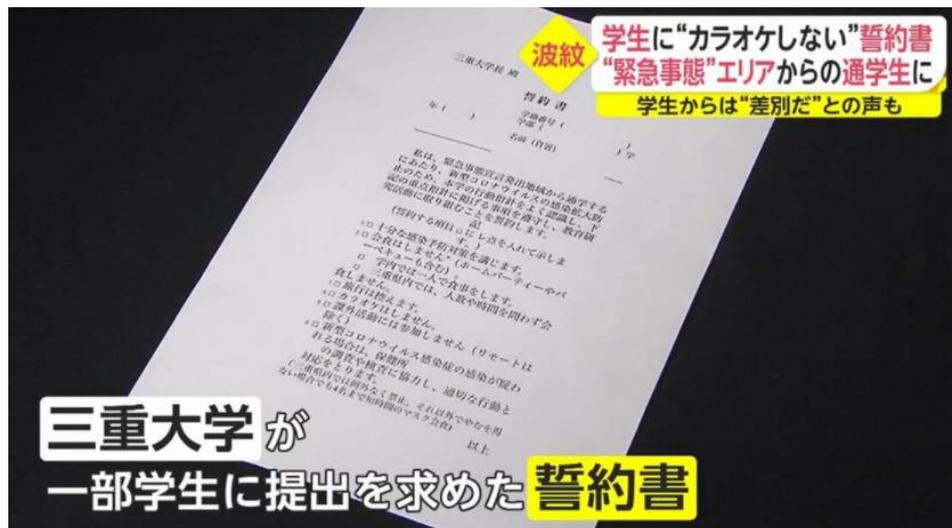


引用: 国立感染症研究所

新型コロナウイルス接触 確認アプリ COCOA

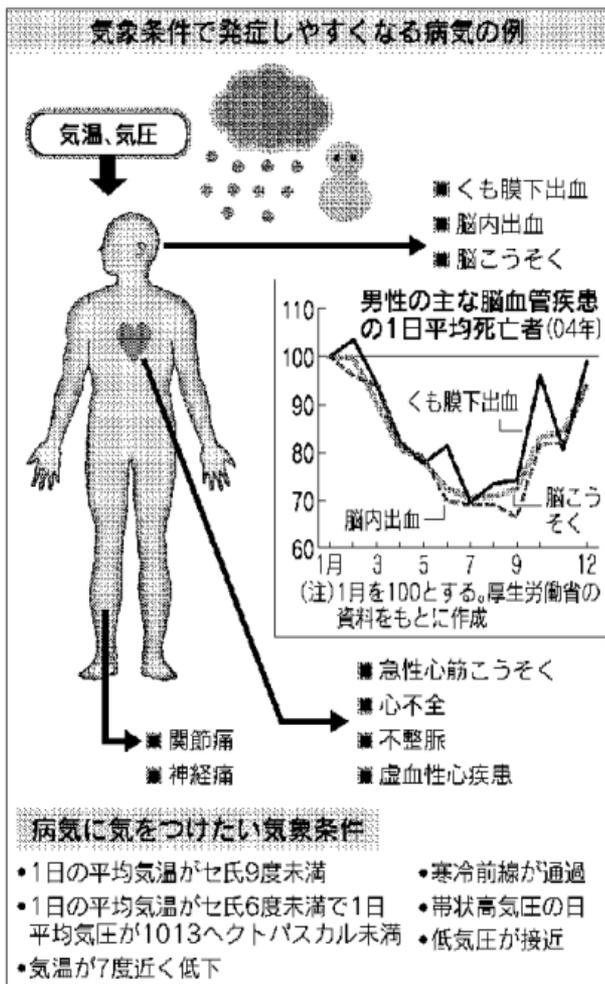


引用: 厚生労働省



引用: FNNプライムオンライン (2021/05/11)

▶ 研究背景・目的 ② ～ 気象・気候と病気

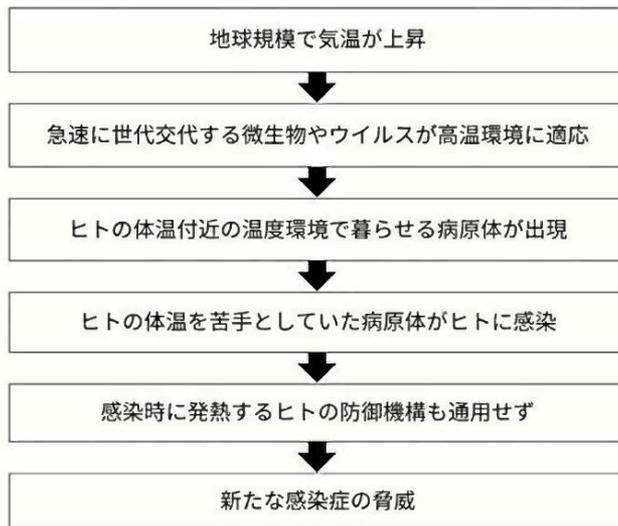


病は気象から



気温上昇とともに蚊の生息地域が広がり、媒介する感染症が脅威となる—米疾病対策センター提供

耐熱性をもつ病原体が現れるとする説の概要



病原体気温上昇で「耐熱性」

▶ 研究背景・目的 ③ ～ 人流・気象・感染症

< 既往の研究 >

ブラジルの最高気温, 平均気温, 日射とSARS-CoV-2陽性者数は負相関
(Rosario et.al, 2020)

都府県の新規陽性者数と人口密度は正相関. 気温, 絶対湿度は負相関
(Kodera et.al, 2020)

気象, 人流データを用いた深層学習による新規陽性者数の予測はSEIRモデル
に比べて精度が良い
(Rashed et.al, 2021)

< 課題 >

- ① データの期間・種類・対象が限定的
- ② 複合的な要因を検討していない
- ③ 降雪地域は対象外

< 目的 >

1. 日々の陽性者数の増減に係る各種要素（社会・人流・気象）の
直接効果・間接効果とその高低を調べる
2. 陽性者数の増減と降雪（降雪量・積雪深）の関わりを記す

▶ データと方法 ①

< 陽性者数 >

- 全国，北海道，道内都市の 2020/01～2021/02 における新規陽性者数
- *Q Li, et al. (2020)* に基づき 5日間(潜伏期間) 繰り上げたもの

● 波の定義

- 陽性者数の7日間走査中央値を取り，その最小値までを波とする

[全国]

第1波 (2020/01/11 ~ 2020/05/20)

第2波 (2020/05/21 ~ 2020/09/18)

第3波 (2020/09/19 ~ 2021/02/22)

[北海道]

前半 (2020/01/11 ~ 2020/07/01)

後半 (2020/07/02 ~ 2021/02/22)

[道内都市]

札幌 (2020/11/04 ~ 2021/02/23)

旭川 (2020/11/04 ~ 2021/02/26)

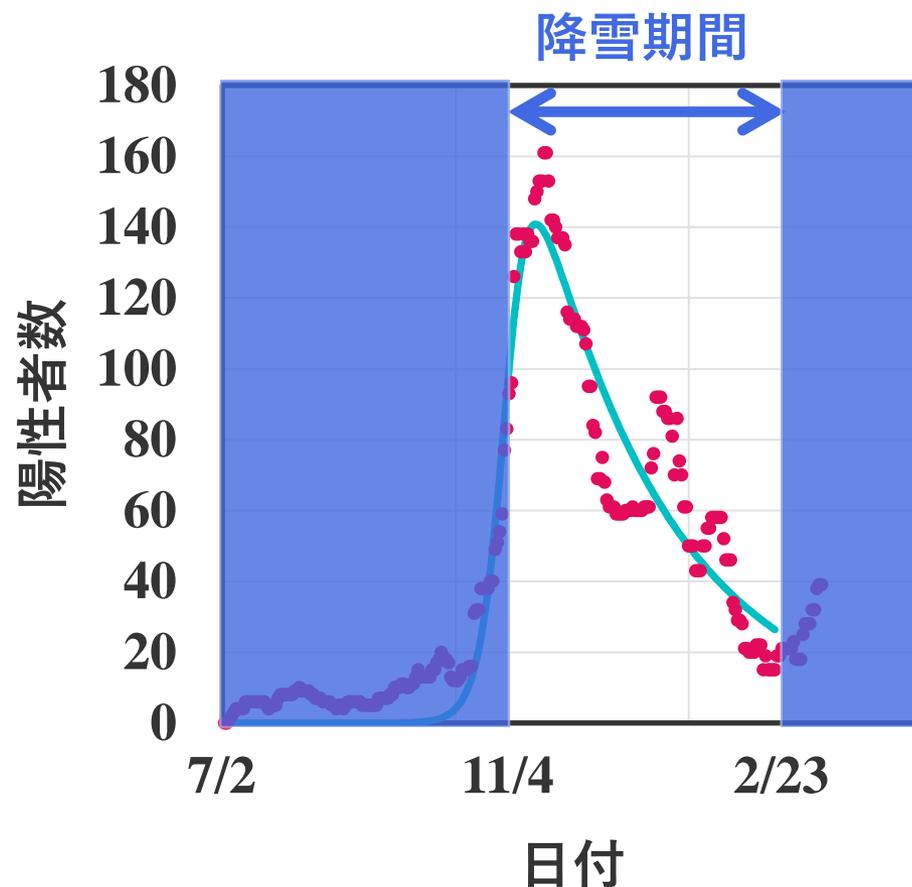
▶ データと方法 ②

< 陽性者数 >

- 最小二乗法による曲線近似
- 双曲線正割関数 (*Sechx*)
- *Sechx*は感染症の拡大を表す理論疫学モデル (*SIR*・*SEIR*) に相似

$$y = \frac{2}{A \exp(Bx) + C \exp(-Dx)}$$

< 札幌の例 >



▶ データと方法 ③

< 気象データ >

日平均気温

日寒暖差

日最高気温と日最低気温の差

前日差

ある日の最高気温とその前日の最高気温の差

降雪量

日最深積雪

- 気温: 気候値 (1991~2020) からの偏差
- 降雪量, 日最深積雪は生データ

全国 気象官署157地点平均

北海道 気象官署22地点平均

道内都市 札幌, 旭川

▶ データと方法 ④

< Google 人流データ >

- 感染拡大以前からの変化の割合 (%)

-
- | | |
|-----------|---------------------|
| ① 小売・娯楽施設 | ② 食料品店・薬局 |
| ③ 公園 | ④ 乗換駅 (地下鉄・バス・電車など) |
| ⑤ 職場 | ⑥ 住居 |
-

< Agoop 人流データ >

- 9:00, 15:00, 20:00における下記の駅とその周辺における人出

札幌・・・札幌, 新さっぽろ, すすきの, 大通, 麻生, 北24条, 琴似
旭川・・・旭川

- 感染拡大以前(2019/01/01～2020/12/31)の同月同曜日平均と対象期間(2020/02/15～2021/02/16)の値から増減を算出

※ 併せて、電力供給実績量、日経平均株価(日経225)も使用

▶ データと方法 ⑤ ～ パス解析

< 対象 >

- [1] 全国: 第1波～第3波
- [2] 北海道: 前半・後半
- [3] 道内都市: 降雪期間

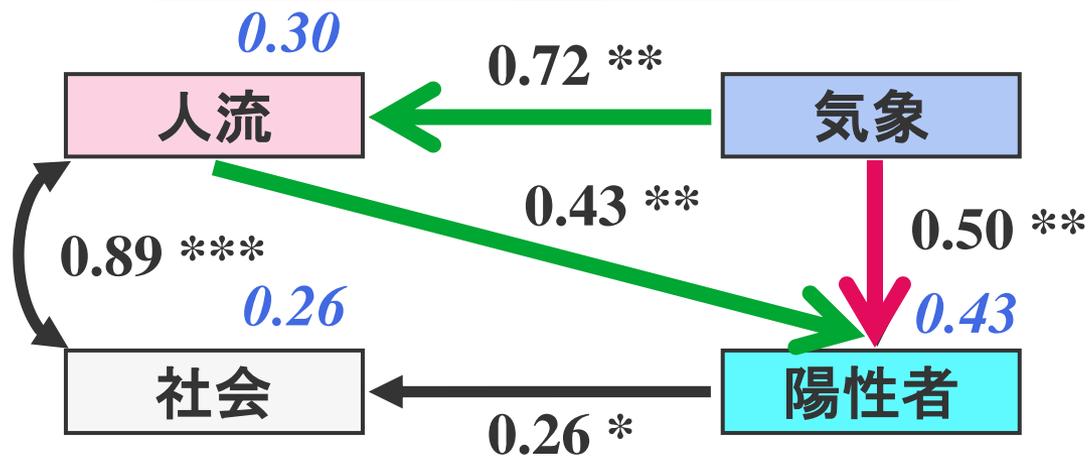
< 仮説 >

- ① 気象は人流に関係する
- ② 気象は陽性者数の増減に関係する
- ③ 人流は陽性者数の増減に関係する

※ 上記には直接・間接の場合がある

- ①～③の仮説に基づき、パス解析を実施
- 母数の推定方法: 最小二乗法
- 個々のパスの p 値と適合度指標の高低からパス図を評価

▶ データと方法 ⑥ ～ パス図の解釈



< 数字 >

黒字: パス係数

青字: 決定係数

p値: * $p < 0.1$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

< 関係 >

直接効果:

気象 → 陽性者 (0.50)

間接効果:

気象 → 人流 → 陽性者 (0.31)

< 矢印 >

→ 因果関係 (標準偏回帰係数)

↔ 共変関係 (偏相関係数)

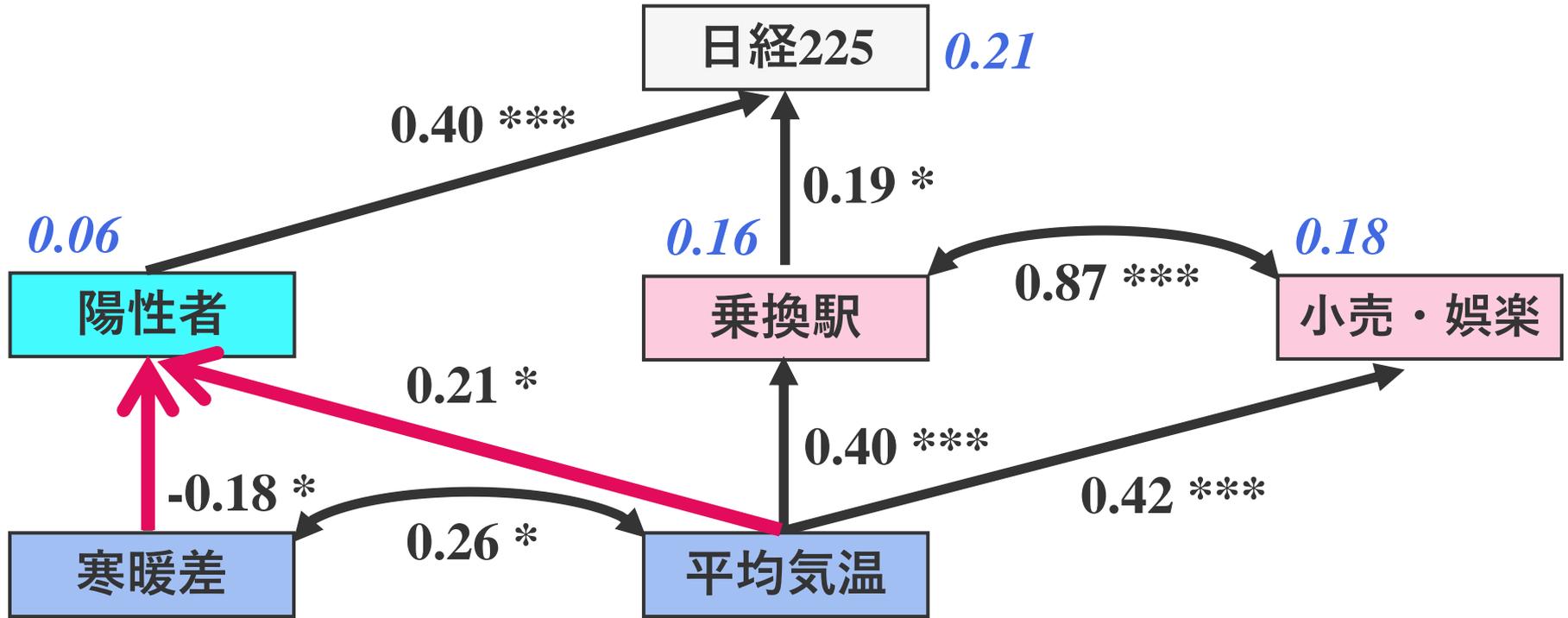
< 適合度指標 >

- CFI
- SRMR
- GFI
- RMSEA
- AGFI

※ 上記パス図は架空のもの

▶ 結果 ～ 全国 (第1波) のパス図

※北海道 前半と同様

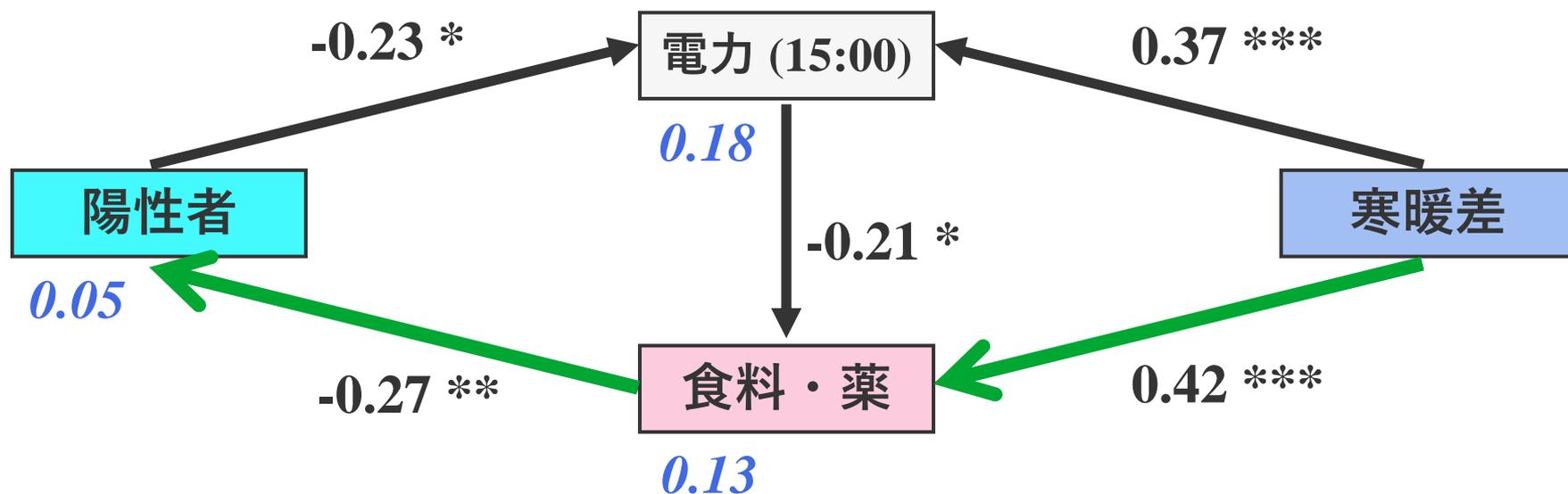


寒暖差, 平均気温の**直接効果**
 寒暖差の増加 → 陽性者数の減少
 平均気温の増加 → 陽性者数の増加

凡例: 気象: 青, 人流: 赤, 社会: 白, 陽性者: シアン

p値: * $p < 0.1$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

▶ 結果 ～ 全国 (第2波) のパス図



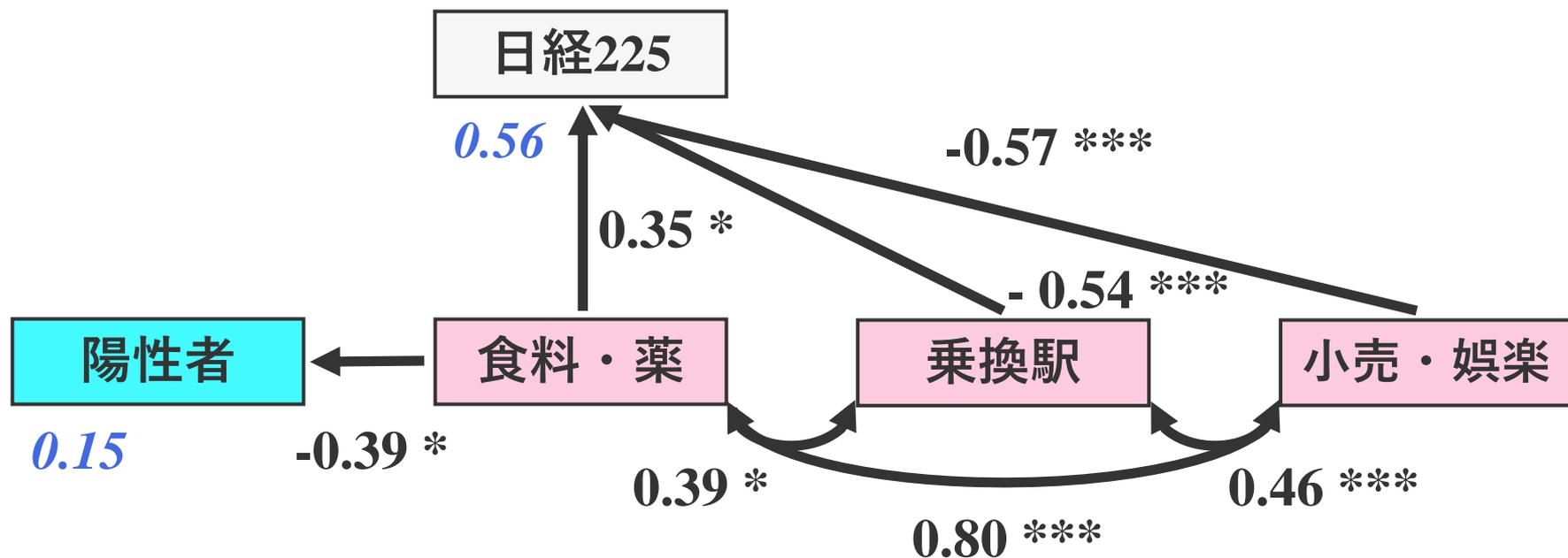
寒暖差が人流（食料品店・薬局）を媒介する**間接効果**
寒暖差の増加 → 陽性者数の減少（第1波と同様）

凡例: 気象: 青, 人流: 赤, 社会: 白, 陽性者: シアン

p値: * $p < 0.1$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

▶ 結果 ～ 全国 (第3波) のパス図

※北海道 後半と同様



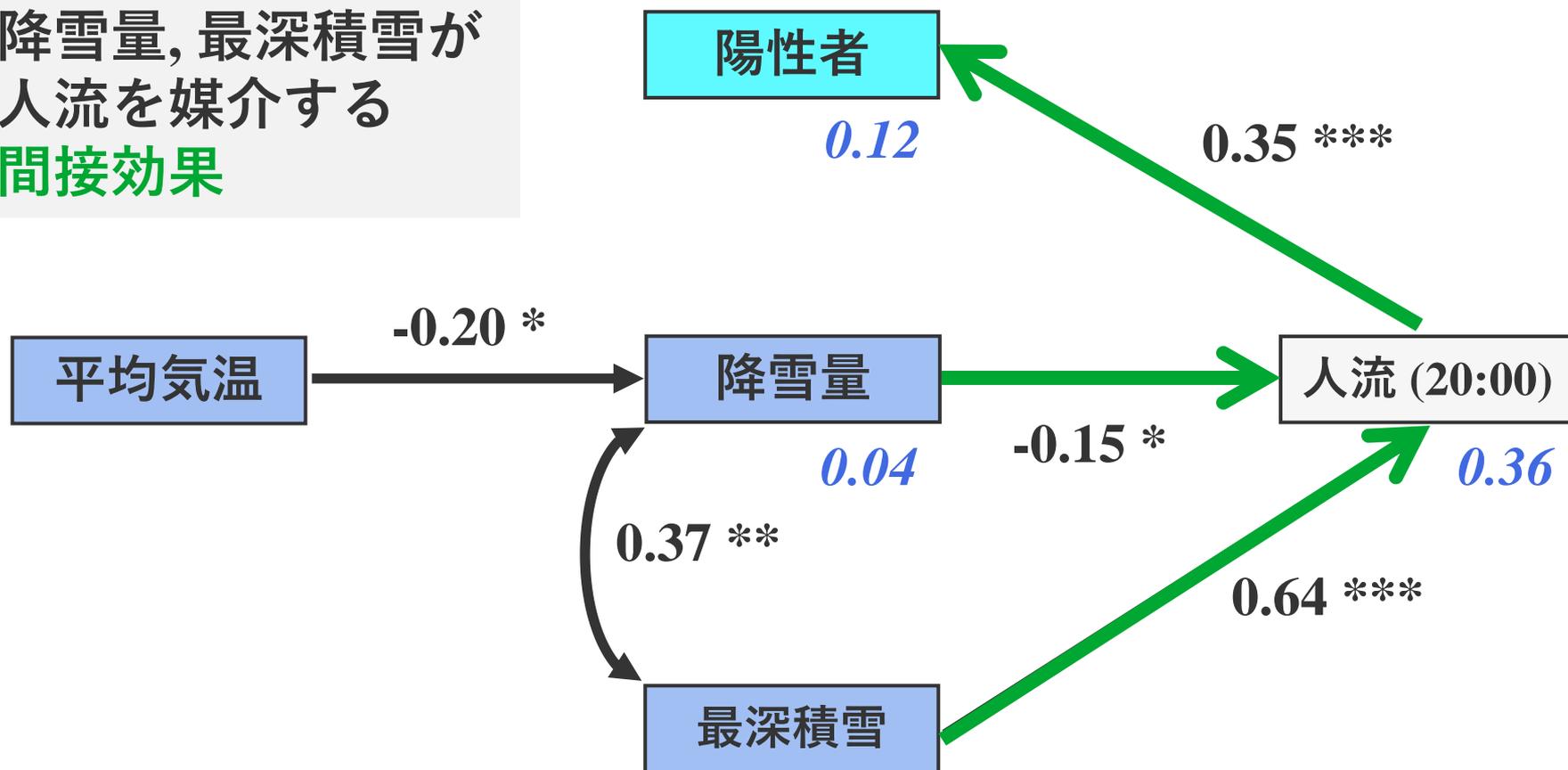
気象から陽性者数への**直接効果**・**間接効果**は無い

凡例: 気象: 青, 人流: 赤, 社会: 白, 陽性者: シアン

p値: * $p < 0.1$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

▶ 結果 ～ 札幌のパス図

降雪量, 最深積雪が
人流を媒介する
間接効果

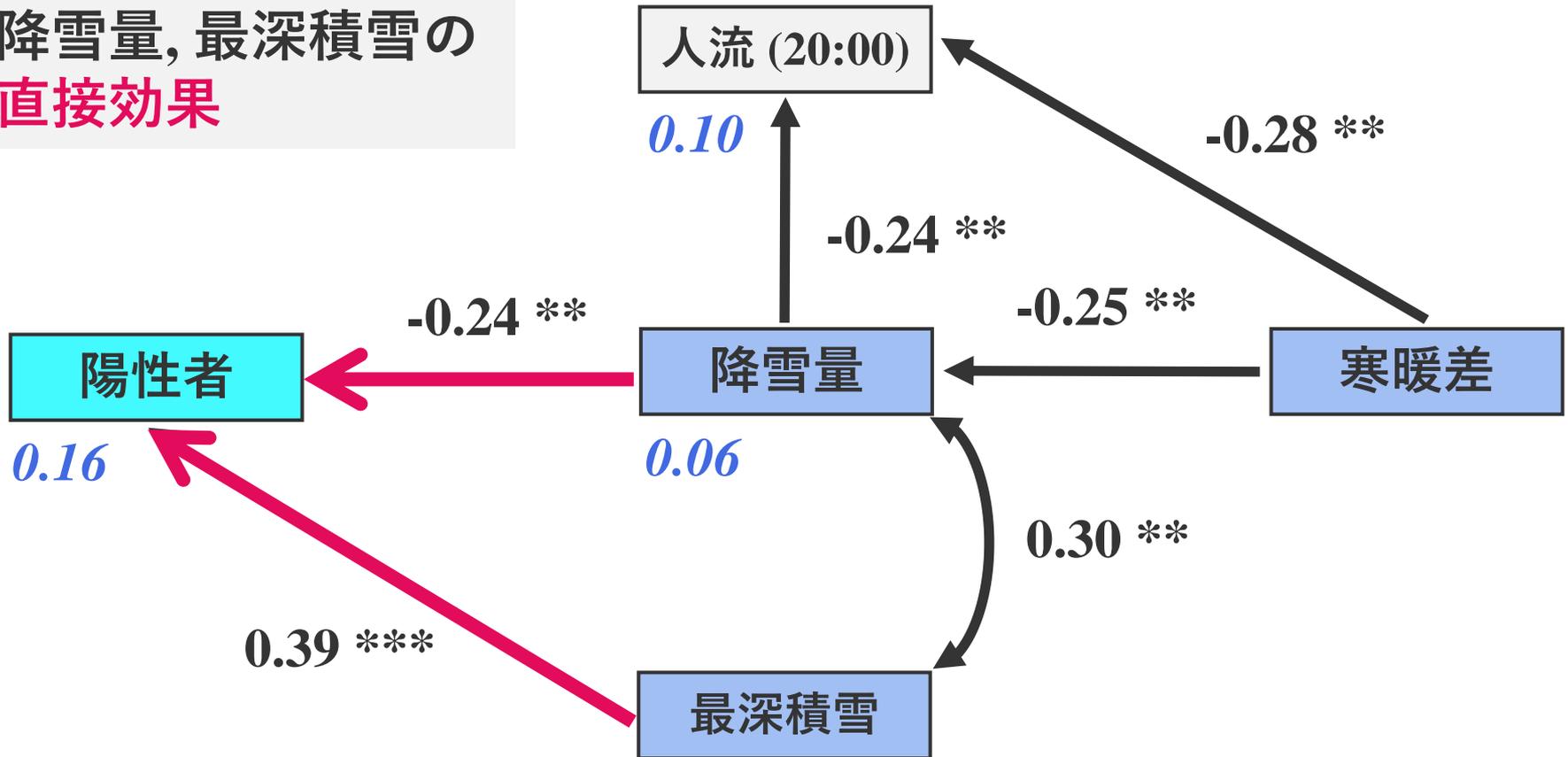


凡例: 気象: 青, 人流: 赤, 社会: 白, 陽性者: シアン

p値: * $p < 0.1$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

▶ 結果 ～ 旭川のパス図

降雪量, 最深積雪の
直接効果



凡例: 気象: 青, 人流: 赤, 社会: 白, 陽性者: シアン

p値: * $p < 0.1$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

▶ 結論・展望

< 全国・北海道 >

- 平均気温・寒暖差は陽性者数の増減に関係した可能性
- 前半部 (全国: 第1波, 第2波, 北海道: 前半) … 直接効果・間接効果が有る
- 後半部 (全国: 第3波, 北海道: 後半) … 直接効果・間接効果が無い

< 道内都市 >

- 降雪量・日最深積雪はともに陽性者数の増減に関係した可能性
- 札幌 … 人流を媒介した間接効果
- 旭川 … 直接効果

< 課題 >

- 常識に反するパスの存在 → 標本・変数の不足, 潜在的要因

< 展望 >

- 最近の感染拡大の波を対象とした検討
- 道内の他都市における検討

▶ 参考・引用文献 ①

- 1) Rashed E.A. and Hirata, A (2021) Int. J. Environ. Res. Public Health, 18, 5736.
- 2) Rosario DKA, et al. (2020) Int J Hyg Environ Health, 229, 113587.
- 3) M. Ujiie, et al. (2020) Int. J. Infect. Dis, 95, 301-303.
- 4) Rashed, E.A., et.al. (2020) Int. J. Environ. Res. Public Health, 17, 5354.
- 5) Kodera S, et.al. (2020) Int J Environ Res Public Health, 17, 5477.
- 6) Pei-ChihWu, et al. (2007) Acta Tropica, 103, 50-57.
- 7) 厚生労働省 新規陽性者数の推移 (日別)
- URL: <https://www.mhlw.go.jp/stf/covid-19/open-data.html>
- 8) Google, COVID-19 コミュニティモビリティレポート
- URL: <https://www.google.com/covid19/mobility/?hl=ja>
- 9) Macrotrends LLC, Nikkei 225 Index
- URL: <https://www.macrotrends.net/2593/nikkei-225-index-historical-chart-data>
- 10) Q Li, et al. (2020) N Engl J Med, 382, 1199-1207.
- 11) 北海道, 新北海道スタイル
- URL: <https://newhokkaidostyle.jp/top/>
- 12) R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

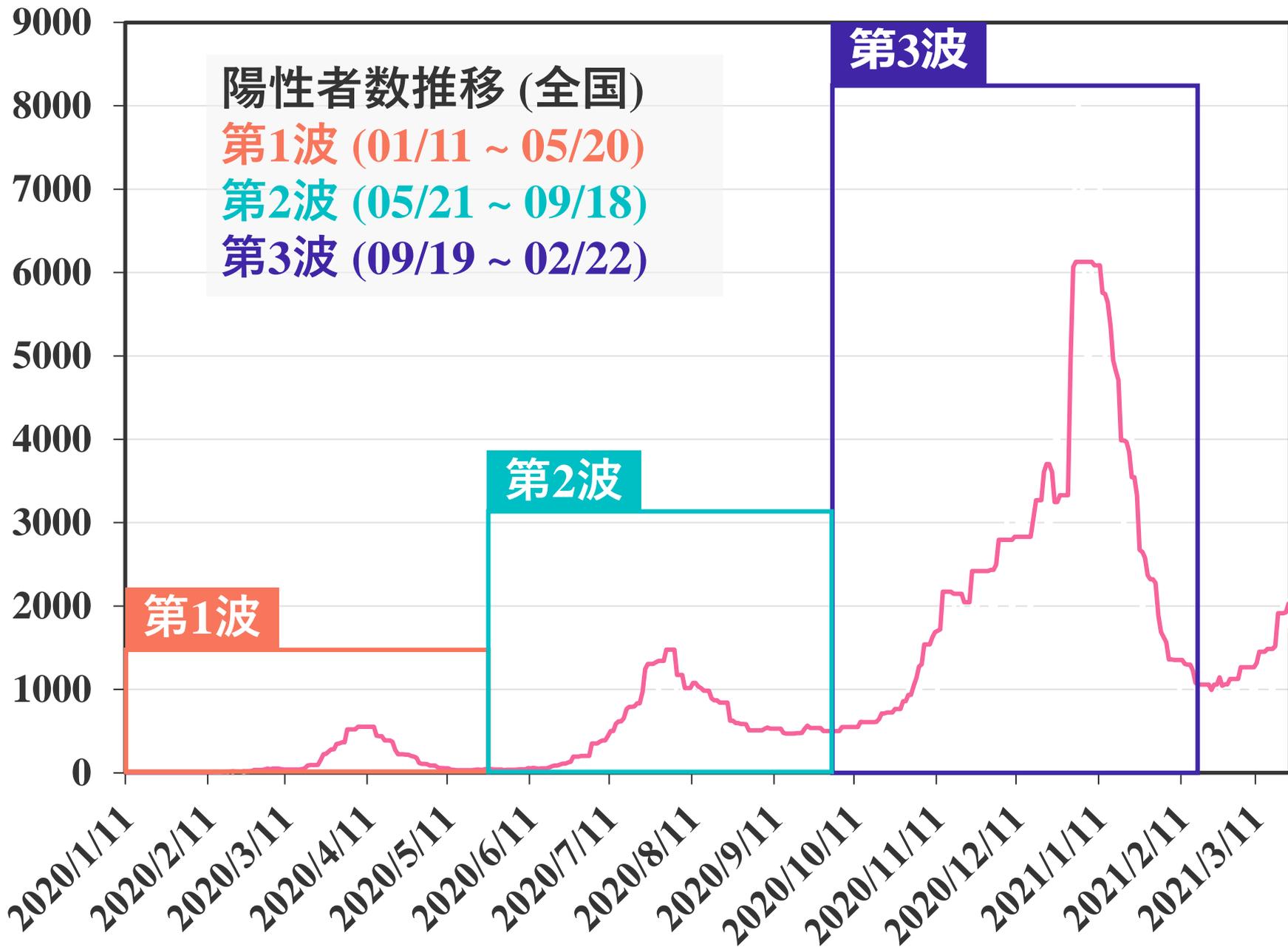
7), 8), 9), 11) Last Accessed: 2021/02/13

▶ 参考・引用文献 ②

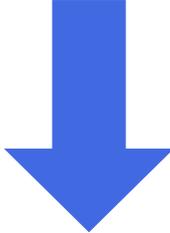
- 13) 東京電力パワーグリッド 過去の電力使用実績データ
URL: <https://www.tepco.co.jp/forecast/html/download-j.html>
- 14) 東北電力ネットワーク 過去実績データ
URL: <https://setsuden.nw.tohoku-epco.co.jp/download.html>
- 15) ほくでんネットワーク 過去の電力使用状況データ
URL: http://denkiyoho.hepco.co.jp/area_download.html
- 16) 中部電力パワーグリッド 過去実績データ
URL: <https://powergrid.chuden.co.jp/denkiyoho/>
- 17) 北陸電力送配電 電力使用状況データ
URL: <https://www.rikuden.co.jp/nw/denki-yoho/index.html>
- 18) 関西電力送配電 電力使用状況データ
URL: <https://www.kansai-td.co.jp/denkiyoho/>
- 19) 中国電力ネットワーク 供給区域の需給実績
URL: <https://www.energia.co.jp/nw/service/retailer/data/area/>
- 20) 四国電力送配電 四国エリアの需給データ
URL: <https://www.yonden.co.jp/nw/denkiyoho/download.html>
- 21) 九州電力送配電 電力使用状況データ
URL: https://www.kyuden.co.jp/td_power_usages/pc.html
- 22) 沖縄電力 過去の電力使用実績
URL: <https://www.okiden.co.jp/denki2/dl/>
- 23) 豊田 秀樹 (2015) 東京図書, 共分散構造分析 [R編] 構造方程式モデリング
- 24) 緒賀 郷志 (2019) 東京図書, Rによる心理・調査データ解析 第2版
- 25) 豊田 秀樹 (1998) 朝倉書店, 共分散構造分析 入門編—構造方程式モデリング (統計ライブラリー)

13) ~ 22) Last Accessed: 2021/02/13

補足資料



▶ データと方法 ～ 7日間走査中央値

日数	日付	走査中央値
-3	2/10	
	⋮	
-1	2/12	
0	2/13	2/10, 2/11, 2/12, 2/13, 2/14, 2/15, 2/16
+1	2/14	
	⋮	
+3	2/16	

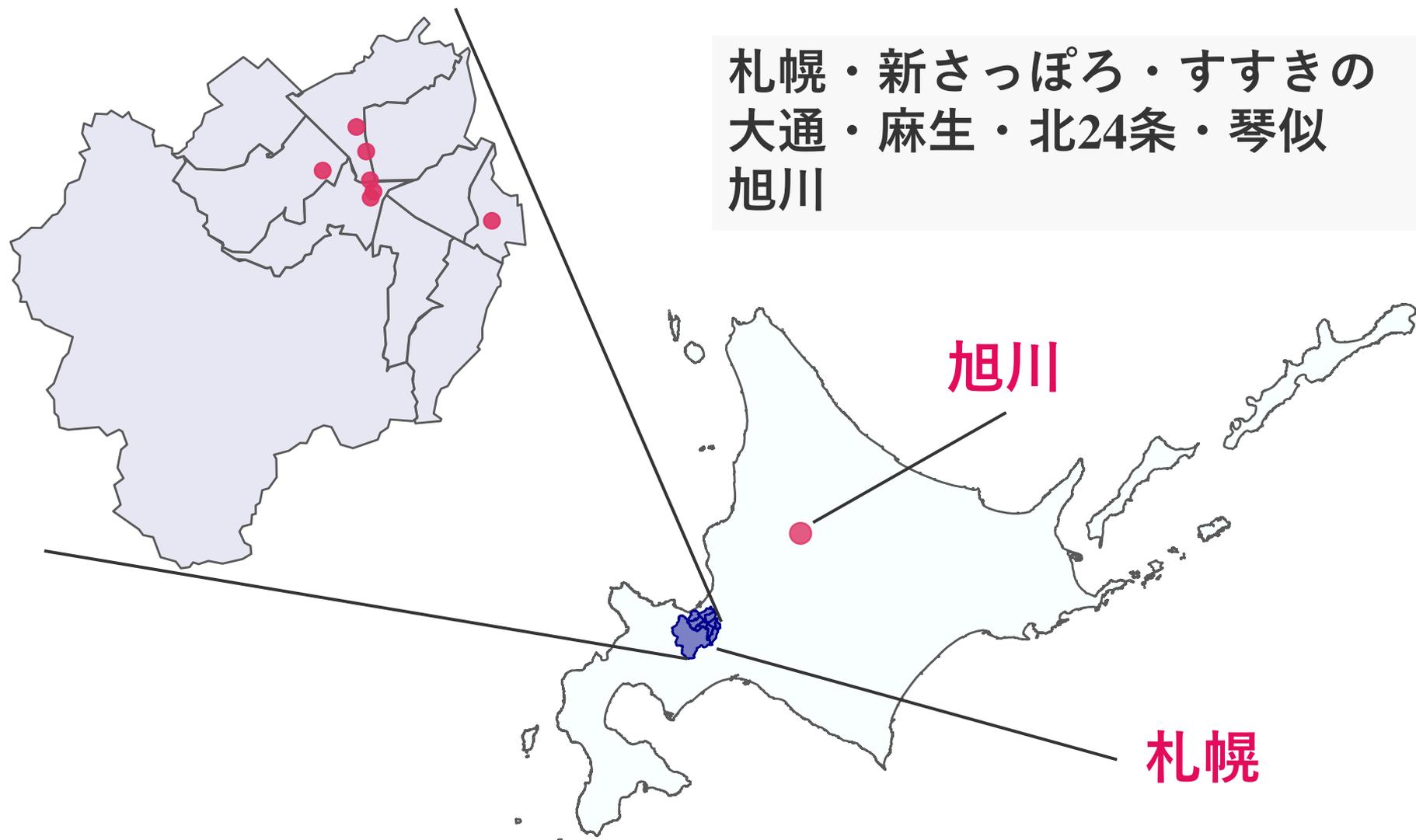
▶ データと方法 ～ 同月同曜日平均

2019/12

日	月	火	水	木	金	土
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

曜日ごとの平均値
各月7個の基準値を作成

▶ データと方法 ～ 北海道の人流データ



▶ データと方法 ～ 電気データ①

< 電気データ >

9:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00の主要10社の電力供給実績量

北海道電力, 東北電力, 東京電力, 北陸電力, 中部電力

関西電力, 中国電力, 四国電力, 九州電力, 沖縄電力

全国	上記10社の平均値
北海道	北海道電力の値
道内都市	該当無し

< 季節調整 >

- 感染拡大以前(2019/01/01～2020/12/31)と対象期間(2020/02/15～2021/02/16)それぞれのデータを季節調整
- 感染拡大以前の同月同様日平均の値と対象期間の偏差

▶ データと方法 ～ 電気データ②

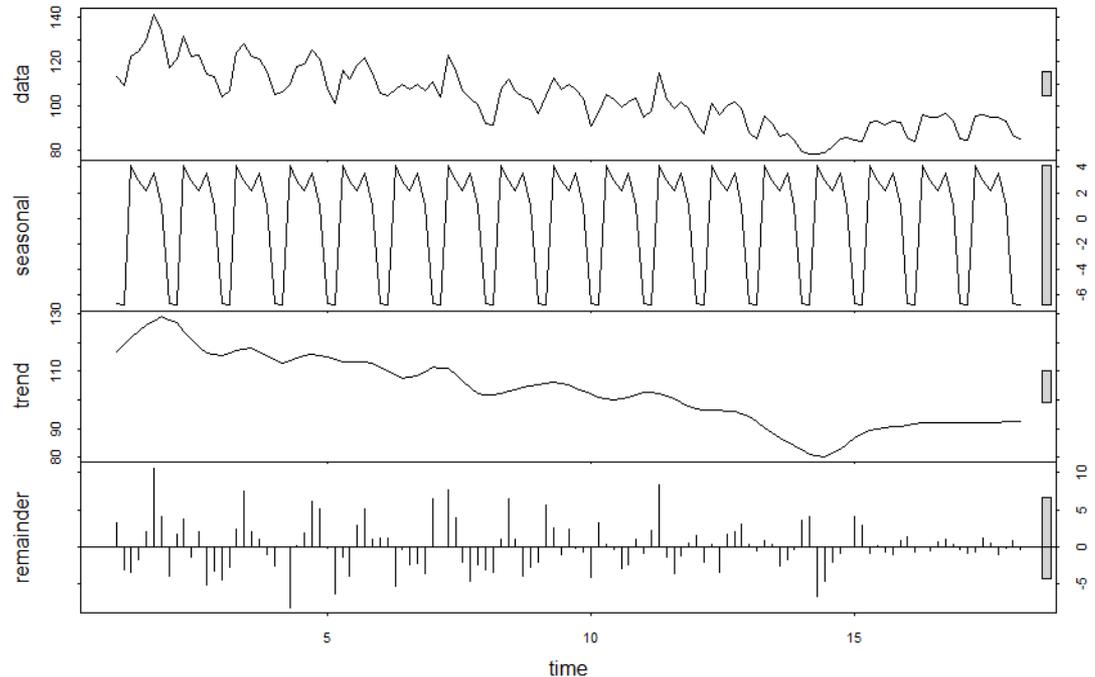
例) 18:00 の電力供給実績量

1段目: 元データ

2段目: 季節成分

3段目: トレンド

4段目: 残差



四半期の季節成分があると仮定

1段目と2段目の値の差 → 季節調整済データ

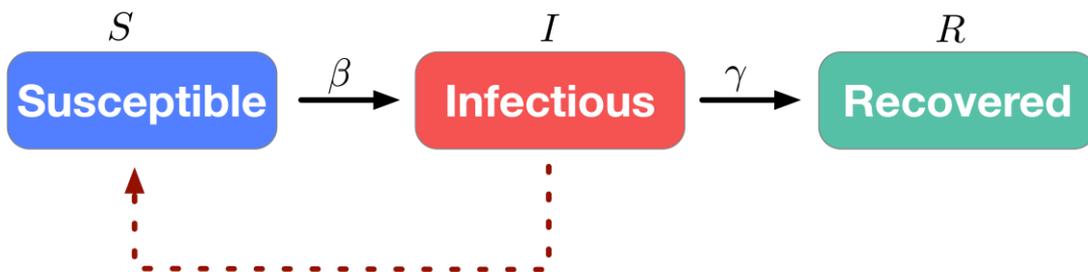
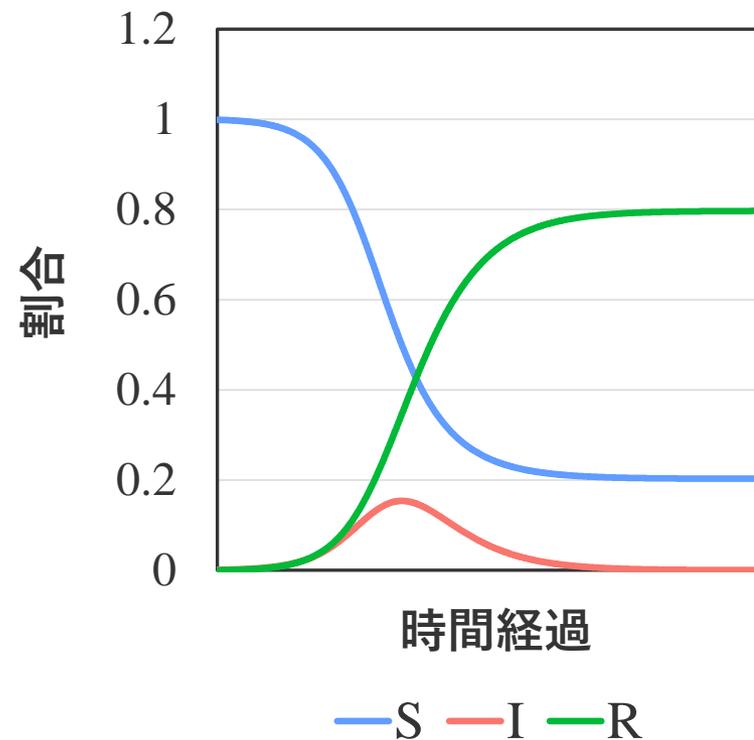
- 参考)
- 東京大学 数理・情報教育センター 4.4 時系列データ解析
- 日本銀行月報：1996年 5月号 季節調整法について

▶ データと方法 ～ 日経225

- < 日経225 >
- 日経平均株価の終値
- 過去データ (1991/01/04～2021/2/22) における欠損値を推定
- ARIMAモデル (自己回帰和分移動平均モデル)
- ARIMAは時系列データの欠損値推定に一般的に使用される
- ARIMA・・・AR (自己回帰モデル) と MA (移動平均モデル) を組み合わせたもの

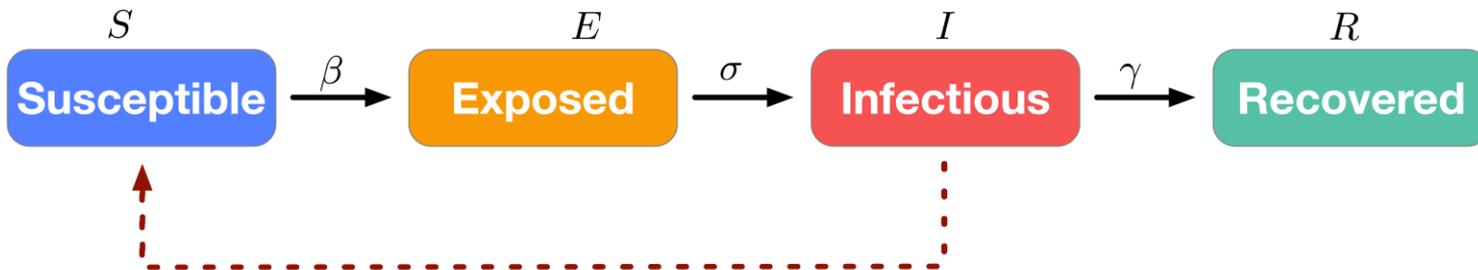
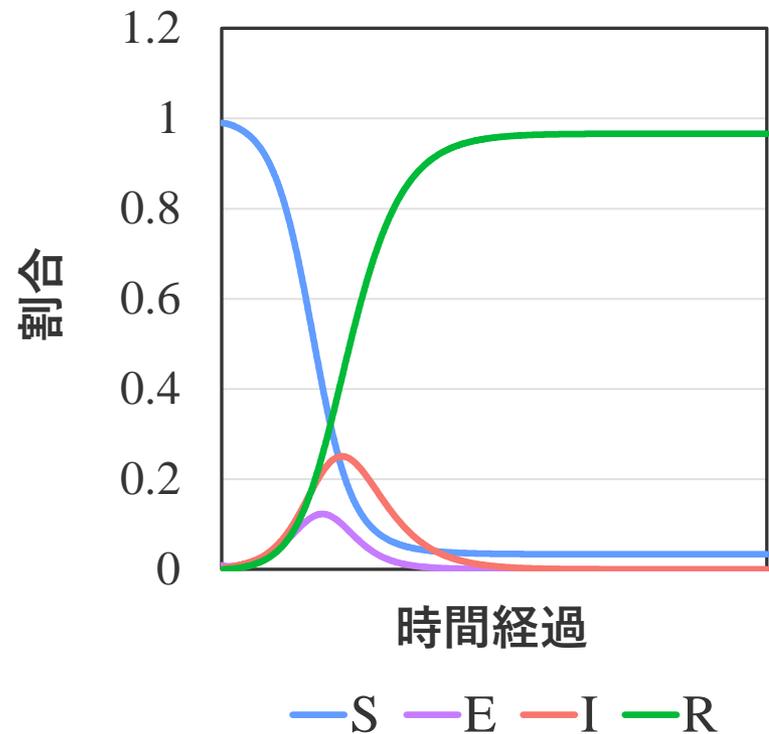
▶ SIRモデル

$$\begin{cases} \frac{dS(t)}{dt} = -\beta S(t)I(t) \\ \frac{dI(t)}{dt} = \beta S(t)I(t) - \gamma I(t) \\ \frac{dR(t)}{dt} = \gamma I(t) \end{cases}$$

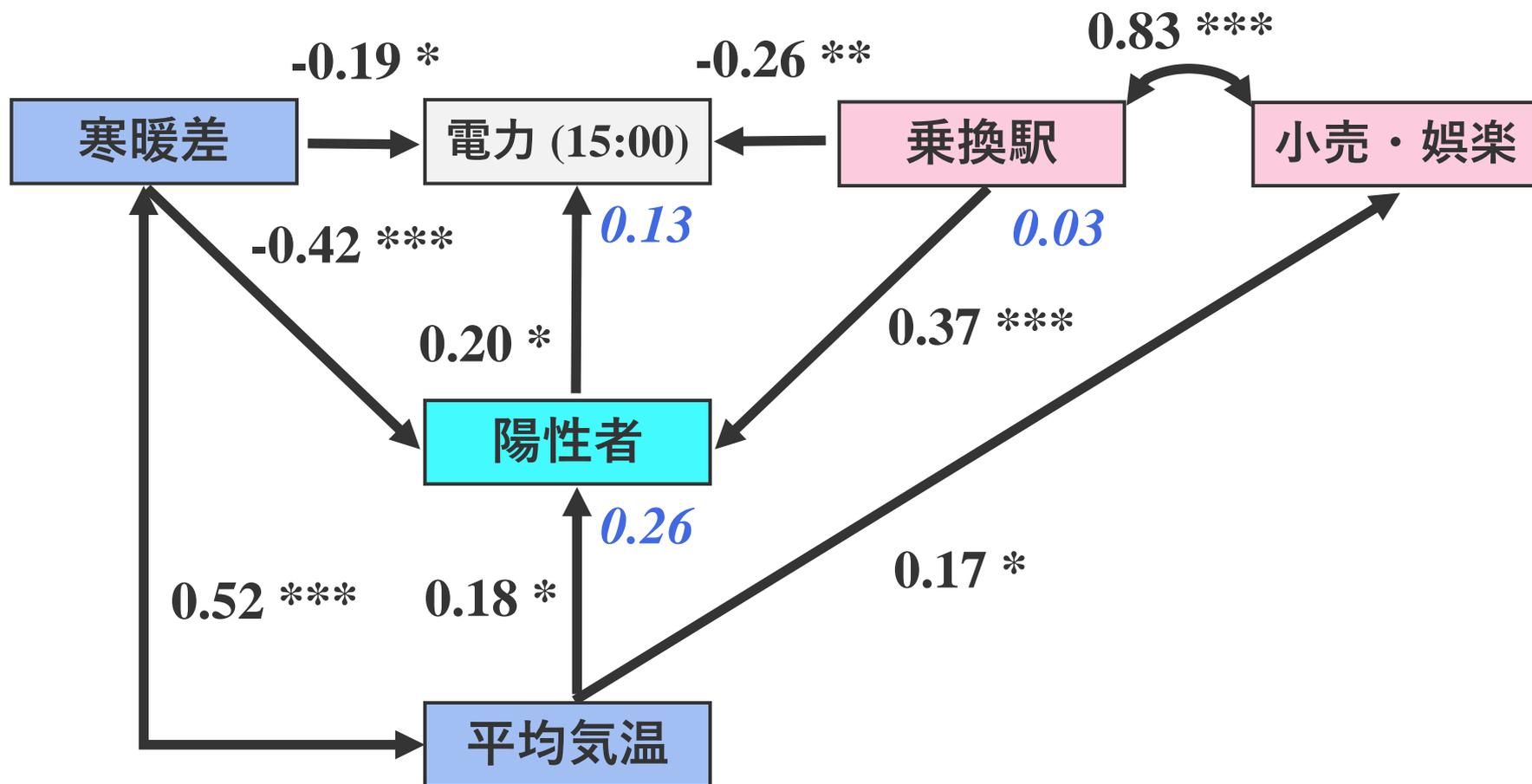


SEIRモデル

$$\begin{cases} \frac{dS(t)}{dt} = -\beta S(t)I(t) \\ \frac{dE(t)}{dt} = \beta S(t)I(t) - \varepsilon E(t) \\ \frac{dI(t)}{dt} = \varepsilon E(t) - \gamma I(t) \\ \frac{dR(t)}{dt} = \gamma I(t) \end{cases}$$



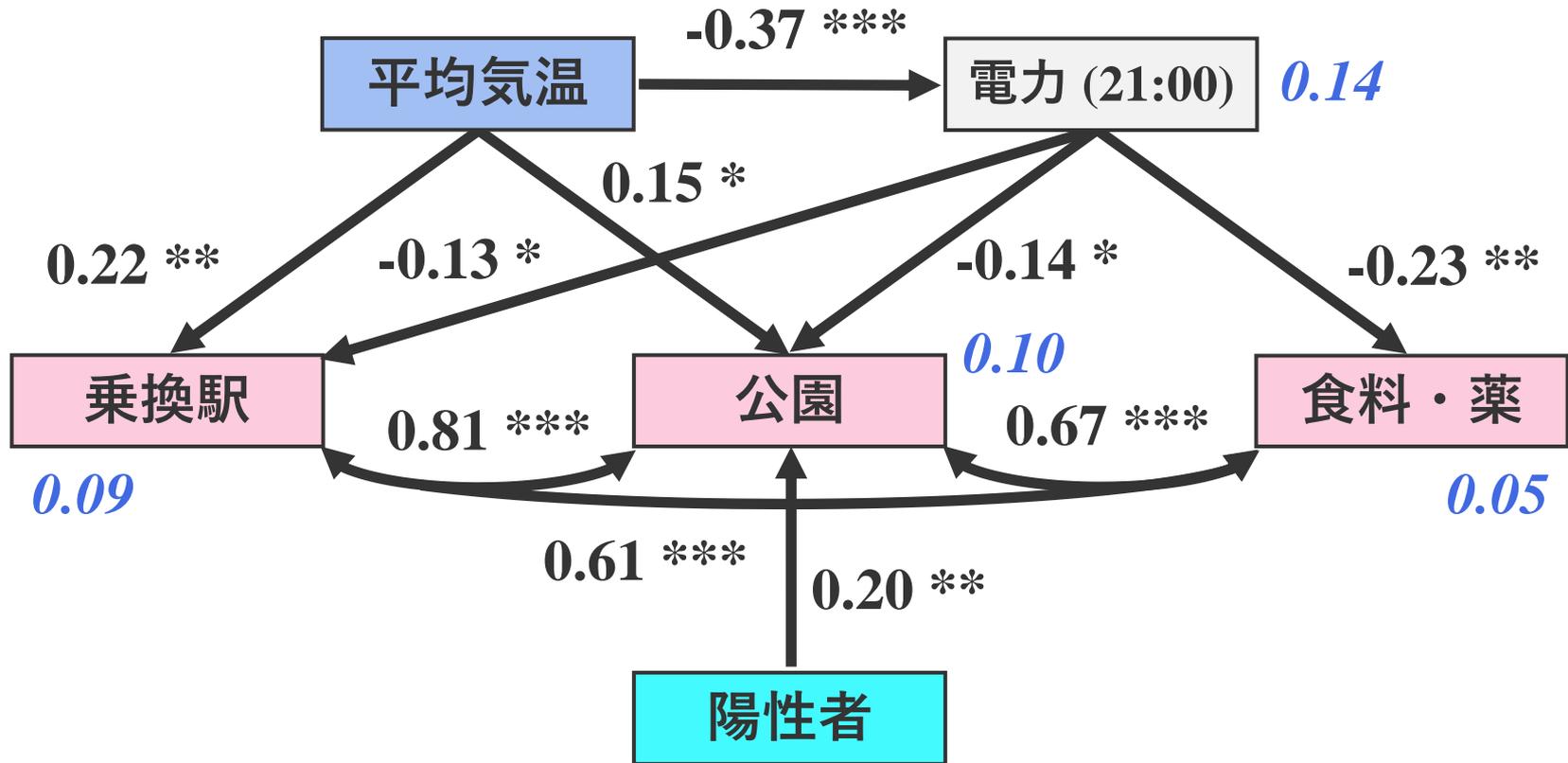
▶ 結果 ～ 北海道 (前半) のパス図



凡例: 気象: 青, 人流: 赤, 社会: 白, 陽性者: シアン

p値: * $p < 0.1$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

▶ 結果 ～ 北海道 (後半) のパス図



凡例: 気象: 青, 人流: 赤, 社会: 白, 陽性者: シアン

p値: * $p < 0.1$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

▶ 結果 ～ 全国のパス解析

<適合度指標>

	第1波	第2波	第3波
CFI	1.000	1.000	1.000
GFI	0.994	0.999	1.000
AGFI	0.983	0.990	0.998
SRMR	0.043	0.014	0.018
RMSEA	0.000	0.000	0.000

- ▶ **CFI**: モデルが全モデルのうち, どの辺に位置するか.
- ▶ **GFI / AGFI**: モデルの説明力を表す. ($GFI \geq AGFI$)
- ▶ **SRMR**: 分散・共分散行列からモデル適合を検討
- ▶ **RMSEA**: モデルの分布と真の分布との乖離を表す

▶ 結果 ～ 北海道・道内都市のパス解析

<適合度指標>

	前半	後半	札幌	旭川
CFI	1.000	1.000	1.000	1.000
GFI	0.992	0.996	0.997	0.992
AGFI	0.971	0.975	0.991	0.968
SRMR	0.040	0.036	0.033	0.045
RMSEA	0.000	0.000	0.000	0.013

- ▶ **CFI**: モデルが全モデルのうち、どの辺に位置するか。
- ▶ **GFI / AGFI**: モデルの説明力を表す。 ($GFI \geq AGFI$)
- ▶ **SRMR**: 分散・共分散行列からモデル適合を検討
- ▶ **RMSEA**: モデルの分布と真の分布との乖離を表す

▶ 結果 ～ 近似曲線の決定係数

	全国-第1波	全国-第2波	全国-第3波
R^2	***	***	**

	全道 (前半)	全道 (後半)
R^2	***	***

	札幌	旭川
R^2	***	**

R^2 : * $0.7 > R^2$, ** $0.7 < R^2 < 0.9$, *** $0.9 < R^2$